

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО  
ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ  
«ПОРШЕНЬ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТАНКОВ С  
ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ**

Дипломный проект  
по направлению 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям)  
профиля подготовки «Машиностроение и металлообработка»  
специализации «Технология и оборудование машиностроения»

Идентификационный код ВКР: 565

Екатеринбург 2017

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»  
Институт инженерно-педагогического образования  
Кафедра технологии машиностроения, сертификации  
и методики профессионального обучения

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:  
Заведующий кафедрой ТМС  
\_\_\_\_\_ Н.В. Бородина  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_г.

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО  
ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ  
«ПОРШЕНЬ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТАНКОВ С  
ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ**

Пояснительная записка к дипломному проекту  
по направлению 44.03.04

Профессиональное обучение (по отраслям)  
профиля подготовки «Машиностроение и металлообработка»  
специализации «Технология и оборудование машиностроения»

Идентификационный код ВКР: 565

Исполнитель

студент гр. ЗТО- 404С

Постыляков Г.П.

Руководитель

Доцент

Козлова Т.А.

Екатеринбург 2017

## РЕФЕРАТ

Дипломный проект содержит 112 листов машинописного текста, 32 таблицы, 30 использованных источников, приложения на 10 листах, графическую часть на 12 листах.

Ключевые слова: ТЕХНОЛОГИЯ, ИЗДЕЛИЕ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА, ПРИСПОСОБЛЕНИЕ, КОНТРОЛЬ, ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ.

В дипломном проекте проанализирована исходная информация и разработаны предложения по механической обработке детали «Поршень». Рассчитано усилие зажимного приспособления для закрепления детали на втором установе и разработана конструкция контрольного приспособления для проверки перпендикулярности отверстий, относительно базовой поверхности.

В дипломном проекте разработан технологический процесс механической обработки детали «Поршень» с обоснованием выбора исходной заготовки, расчетами режимов резания, нормирования операций, а также расчет припусков на механическую обработку.

Дополнительно рассмотрена конструкция детали с точки зрения технологичности и определен тип и организационная форма производства.

В методической части разработана программа производственного обучения слесарей механосборочных работ.

В экономической части дипломного проекта выполнен расчет экономической эффективности применения, внедрения станочного приспособления станков с ЧПУ и режущего инструмента.

					ДП 44.03.04.565 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Проектирование технологического процесса механической обработки детали «Поршень» с использованием станков с программным управлением	Лит.	Лист	Листов
Разраб.	Постыляков						3	
Пров.	Козлова Т.А.					ФГАОУ ВО РГПТУ гр. ЗТО-404С 5		
Реценз.								
Н. Контр.	Суриков В.П.							
Утв.	Бородин Н.В.							

## СОДЕРЖАНИЕ

РЕФЕРАТ.....	5
ВВЕДЕНИЕ.....	6
1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	7
1.1. Служебное назначение и описание конструкции детали.....	7
1.2. Анализ технологичности конструкции детали.....	7
1.3. Характеристика материала.....	14
1.4. Определение типа производства.....	15
1.5. Обоснование выбора метода изготовления заготовки.....	16
1.5.1. Экономическое обоснование выбора заготовки.....	19
1.6. Составление плана обработки.....	20
1.7. Выбор технологических баз и методов обработки.....	22
1.8. Разработка технологического маршрута.....	25
1.9. Разработка технологических операций.....	26
1.9.1. Анализ исходной информации.....	34
1.10. Выбор современного оборудования.....	36
1.11. Выбор режущего инструмента и технологической оснастки.....	43
1.12. Расчет припусков на механическую обработку.....	47
1.13. Расчет режимов резания.....	50
1.14. Определение технических норм времени.....	53
2. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ.....	56
2.1. Расчет зажимного приспособления.....	56
2.2. Разработка фрагмента управляющей программы.....	59
3. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	62
3.1 Техничко-экономические расчеты.....	63
4. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	85

4.1. Разработка методического обеспечения проведения урока теоретического обучения по дисциплине «Инструментальное обеспечение автоматизированного производства» для операторов станков с программным управлением.....	86
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	103
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	105
Приложение А - Лист задание на проектирование ВКР.....	108
Приложение Б – Перечень листов графических документов.....	108
Приложение В – Комплект слайдов.....	109

## ВВЕДЕНИЕ

Автоматизация процесса обработки, сокращение маршрута изготовления деталей и сборочных единиц (ДСЕ), возможность обработки сложных 3D-поверхностей, быстрая переналадка оборудования – это неотъемлемые аспекты производства, которые приводят к снижению трудоемкости изготовления ДСЕ; повышению качества продукции, значительному увеличению производительности труда, сокращению длительности производственного цикла, снижению потребности в больших производственных площадях и высококвалифицированных работниках.

Цель дипломного проекта - проектирование технологического процесса механической обработки детали «Поршень» с использованием современного высокотехнологичного оборудования с программным управлением.

Задачи дипломного проекта:

1. Анализ исходной информации;
2. Выбор современного технологического оснащения;
3. Разработка нового технологического процесса;
4. Технико-экономические обоснования или расчеты;
5. Разработка управляющей программы.

## 1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 1.1. Служебное назначение и описание конструкции детали

Поршень — деталь цилиндрической формы, совершающая возвратно-поступательное движение внутри цилиндра и служащая для превращения изменения давления газа, пара или жидкости в механическую работу, или наоборот — возвратно-поступательного движения в изменение давления.

Деталь «Поршень» используется в механизме компрессор. Отверстие диаметром 45Н7 на радиальной поверхности предназначено для крепления поршня к коленчатому валу, по средствам шатуна (через шатунный палец).

Канавки шириной 4 мм и 6 мм предназначены для маслосъемных колец, а отверстия диаметром 3 – для отвода масла. Резьбовое отверстие М6-7Н на торце поршня служит для крепления рем. болта.

Основной задачей в дипломном проекте является создание прогрессивного технологического процесса и применением многооперационного станка с ЧПУ, оснащенного приводными инструментами.

### 1.2. Анализ технологичности конструкции детали

В общем случае к конструкциям деталей предъявляются следующие требования:

- конструкция детали должна состоять из стандартных и унифицированных конструктивных элементов и быть стандартной в целом;
- детали должны изготавливаться из стандартных или унифицированных заготовок;
- размеры и поверхности детали должны иметь соответственно оптимальные, т.е. экономически и конструктивно обоснованные точность и шероховатость;

					ДП 44.03.04.565 ПЗ	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- физико-химические и механические свойства материала, жесткость детали, ее форма и размеры должны соответствовать требованиям технологии изготовления, хранения и транспортировки;
- показатели базовой поверхности детали (точность, шероховатость) должны обеспечивать точность установки, обработки и контроля;
- заготовки должны быть получены рациональным способом с учетом заданного объема выпуска и типа производства;
- метод изготовления должен обеспечивать возможность одновременного изготовления нескольких деталей;
- сопряжения поверхности деталей различных классов точности и шероховатости должны соответствовать применяемым методам и средствам обработки;
- конструкция детали должна обеспечивать возможность применения типовых и стандартных технологических процессов ее изготовления [7].

Указанные требования являются обобщением опыта проектирования и изготовления деталей, а степень соответствия этим требованиям характеризует конструктивно-технологический уровень детали.

Количественно технологичность конструкции поршня может быть оценена совокупностью показателей технологической рациональности и преемственности детали. В число этих показателей входят: коэффициент сложности конструкции детали; коэффициент применяемости унифицированных или стандартных конструктивных элементов детали; коэффициент повторяемости конструктивных элементов детали; коэффициент точности и шероховатости поверхности детали; коэффициент обрабатываемости детали и коэффициент использования материала при механической обработке.

Коэффициент сложности конструкции детали определяется выражением в виде:

					ДП 44.03.04.565 ПЗ	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



$$K_{\text{сл}}=0,25*(C_{\text{к}} \cdot K_{\text{р}} \cdot K_{\text{м}} \cdot K_{\text{исп}} \cdot K_{\text{т}}),$$

(1)

где  $K_{\text{к}}, K_{\text{р}}, K_{\text{в}}, K_{\text{с}}$ - коэффициенты, определяемые как:

$A_i$  - уточнения.

Коэффициент  $K_{\text{к}}$  зависит от количества поверхностей на исходной заготовке, с которых удаляется стружка при изготовлении детали. При этом, комбинированные поверхности, образуемые за один рабочий ход одним инструментом, учитываются в качестве одной поверхности.

Для существующей конструкции корпуса:

$$A_{\text{к}} = n_{\text{рез}} / n_{\text{пов}},$$

где  $n_{\text{рез}}, n_{\text{пов}}$  - количество обрабатываемых резанием и общее количество формообразующих поверхностей детали, соответственно [20].

Подставляя численные значения требуемых показателей из чертежа детали и технологического процесса обработки детали резанием в выражения, находим

$$A_{\text{к}}=84/90=0,93$$

$$K_{\text{к}}=1,00-0,93=0,07$$

Коэффициент  $K_{\text{р}}$  учитывает общее количество заданных на чертеже данных по обеспечению требуемых точностей формы и взаимного расположения поверхностей в пределах 0,05 мм.

Для существующей конструкции корпуса

$$A_{\text{р}} = n_{\text{тр}} / n_{\text{пов}},$$

где  $n_{\text{тр}}$  - количество поверхностей детали, к которым предъявляются требования по точности формы и их взаимному расположению в пределах 0,05 мм.

$n_{\text{пов}}$  — количество поверхностей.

Подставляя численные значения требуемых показателей из чертежа детали в выражения, находим

					ДП 44.03.04.565 ПЗ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$A_p=15/90=0,17$$

$$K_p=1,00-0,17=0,83$$

Коэффициент  $K_B$  учитывает количество различных видов обработки резанием (технологических операторов).

Для существующей сборочной единицы «Поршень»

$$A_B = n_{\text{то}} / n_{\text{перех}},$$

где  $n_{\text{то}}$  - количество технологических операторов;

$n_{\text{перех}}$  - общее количество технологических переходов обработки резанием.

Подставляя численные значения требуемых показателей из карт технологического процесса обработки детали резанием в выражения находим:

$$A_B=4/12=0,33$$

$$K_B=1,00-0,33=0,67$$

Коэффициент  $K_c$  учитывает соответствие точности и шероховатости поверхностей детали некоторым оптимальным величинам, под которыми подразумеваются рекомендуемые в качестве экономичности и конструктивно обоснованные величины. Величина  $A_c$ , входящая в выражение для этого коэффициента, определяется по формуле

$$A_c = 0,1 \cdot \sum_{j=1}^{n_{\text{рез}}} m_j,$$

где  $m_j$  - количество зон, на которых параметр  $R_a$  для  $j$ -ой поверхности отстоит от оптимального сочетания.

Подставляя численные значения требуемых показателей из чертежа детали в выражения находим

$$A_c=0,1*6,0=0,60$$

$$K_c=1,00-0,60=0,40$$

Согласно выражению (1), коэффициент сложности конструкции детали будет составлять

					ДП 44.03.04.565 ПЗ	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$K_{cl}=0,25\cdot(0,07+0,83+0,67+0,4)=0,4925$$

Коэффициент применяемости унифицированных или стандартных конструктивных элементов детали определяют по формуле

$$K_{y\bar{y}} = \frac{N_{y\bar{y}}}{N_{\bar{y}}} - 0,1n$$

где  $N_{\bar{y}}$  - общее количество конструктивных элементов в детали;

$N_{y\bar{y}}$  - количество унифицированных конструктивных элементов;

$n$  - количество неунифицированных элементов.

Поскольку все формообразующие поверхности корпуса можно считать унифицированными, то коэффициент применяемости унифицированных или стандартных конструктивных элементов детали можно принять равным  $K_{y\bar{y}} = 1,0$ .

Коэффициент повторяемости конструктивных элементов детали рассчитывают по формуле

$$K_{п\bar{п}} = 1 - N_{п\bar{п}} / N_{\bar{п}}$$

где  $N_{п\bar{п}}$  - количество повторяющихся конструктивных элементов детали;

$N_{\bar{п}}$  - общее количество конструктивных элементов детали.

Подставляя численные значения требуемых показателей из чертежа детали выражение, находим:

$$K_{п\bar{п}} = 1 - 6/80 = 0,93$$

$$K_{п\bar{п}} = 1 - 60/74 = 0,19$$

Коэффициент относительной обрабатываемости материала детали  $K_v$  выражает относительную скорость резания, соответствующую 60-минутной стойкости резцов в сравнении с эталонной сталью (сталь 45 ГОСТ 1050-84). Для сплава алюминия АК5М7 по ГОСТ 1583-89 величина этого коэффициента составляет  $K_v = 0,73$ , что характеризует обрабатываемость этого сплава, как удовлетворительную [9].

					ДП 44.03.04.565 ПЗ	Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Коэффициент использования материала при механической обработке определяют по соотношению

$$K_{\text{им}} = M_{\text{д}} / M_{\text{з}},$$

где  $M_{\text{д}}$ ,  $M_{\text{з}}$  - массы готовой детали и заготовки, соответственно.

Подставляя численные значения требуемых показателей из карт технологического процесса обработки детали резанием в выражение находим

$$K_{\text{им}} = 4,3 / 6,3 = 0,68$$

Необходимо отметить, что поршень изготавливают из отливки. Некоторые поверхности корпуса благодаря этому методу не подвергаются обработке резанием.

Обрабатываемые поверхности корпуса с точки зрения обеспечения точности и шероховатости не представляют значительных технологических трудностей.

Деталь нетехнологична, т.к. имеет большое количество маленьких отверстий, глубокие канавки, а также поверхностей, имеющих высокие требования к точности размеров и взаимного расположения поверхностей [1].

Общий вид заготовки представлен на рисунке 1, общий вид детали на рисунке 2.

					ДП 44.03.04.565 ПЗ	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

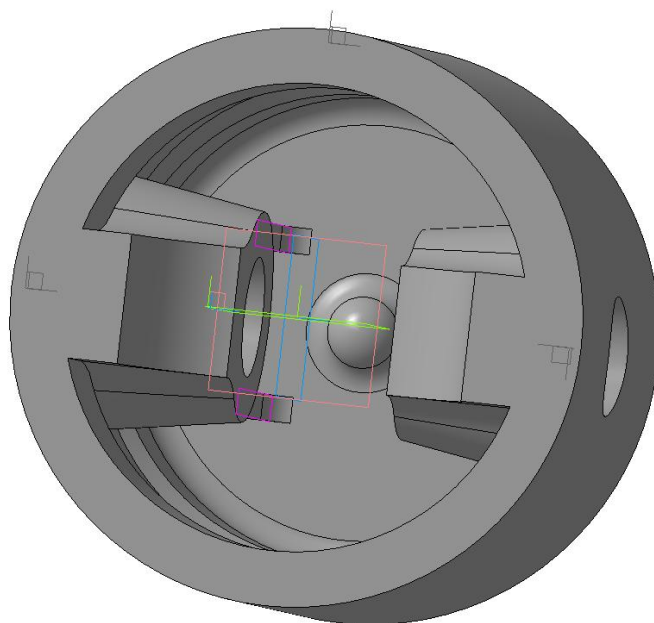


Рисунок 1- Общий вид заготовки

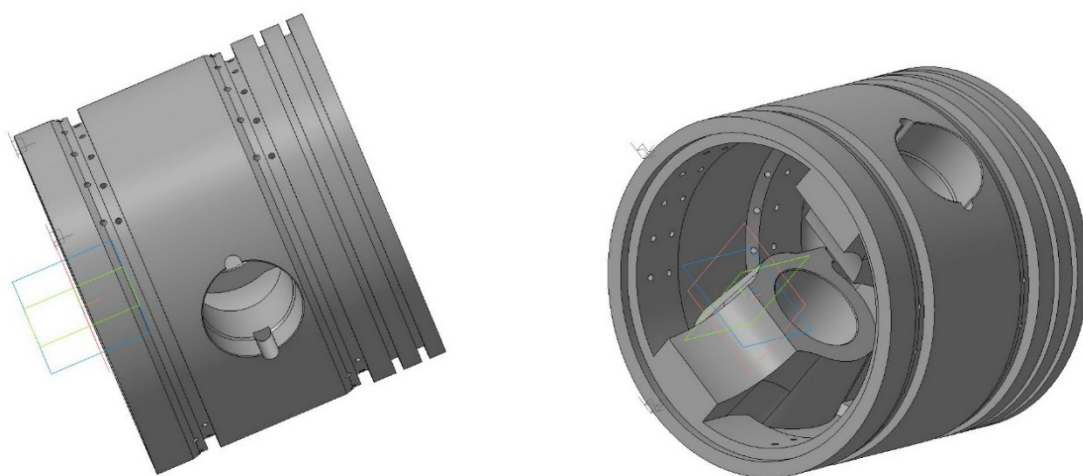


Рисунок 2 - Общий вид детали

					ДП 44.03.04.565 ПЗ	Лист
						13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

### 1.3. Характеристика материала

К материалам, применяемым для изготовления поршней предъявляются следующие требования: высокая механическая прочность; малая плотность; хорошая теплопроводность; малый коэффициент линейного расширения; высокая коррозионная стойкость; хорошие антифрикционные свойства.

Данная деталь изготавливается из алюминия АК5М7 ГОСТ 1583-89, которая имеет следующий химический состав и механические свойства [9].

Таблица 1 - Химический состав

Железо (Fe), %	Кремний (Si), %	Марганец (Mn), %	Никель (Ni), %	Алюминий (Al), %	Медь (Cu), %	Магний (Mg), %	Цинк (Zn), %	Примеси, %	Pb+Sn+Sb
до 1,2	4,5-6,5	до 0,5	до 0,5	82,3-89,3	6,0-8,0	0,2-0,5	до 0,6	2,7	<0,3

Марка алюминия АК5М7 - Алюминиевый литейный сплав для изготовления фасонных отливок (литье в песчаные формы), сплав изготавливают из вторичных отходов. Хим. состав сплава варьируется в широких диапазонах, поэтому его физико-химические свойства нестабильны.

Механические свойства сведём в таблицу 2.

Таблица 2 - Механические свойства

Временное сопротивление разрыву, МПа (кгс/мм <sup>2</sup> )	Относительное удлинение, %	Твердость по Бринеллю НВ
127 (13,0)	-	70

- Плотность алюминия -  $2,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ ;
- Удельный вес алюминия -  $2,7 \text{ г/см}^3$ ;
- Удельная теплоемкость алюминия при  $20^\circ\text{C}$  -  $0,21 \text{ кал/град}$ ;
- Температура плавления алюминия -  $658,7^\circ\text{C}$  ;
- Удельная теплоемкость плавления алюминия -  $76,8 \text{ кал/град}$ ;
- Температура кипения алюминия -  $2000^\circ\text{C}$  ;
- Относительное изменение объема при плавлении ( $\Delta V/V$ ) -  $6,6\%$ ;
- Коэффициент линейного расширения алюминия (при температуре около  $20^\circ\text{C}$ ) : -  $22,9 \cdot 10^{-6} (1/\text{град})$ ;

- Коэффициент теплопроводности алюминия -  $180 \text{ ккал/м} \cdot \text{час} \cdot \text{град}$ ;

Выбранный материал по физико-химическим свойствам подходит для работы в узле: компрессор.

#### 1.4. Определение типа производства

Тип производства во многом предопределяет формы организации производственного процесса и в соответствии с ГОСТ 3.1108-74 характеризуется коэффициентом закрепления операций

$$K_{zo} = \frac{\sum o}{\sum p}, \quad (2)$$

где  $K_{oni}$  - число операций, выполняемое на  $i$ -м рабочем месте с учетом условной дозагрузки в месяц;

$K_{pm}$  - количество рабочих мест на участке.

$$K_{zo} = 210/12 = 17,5$$

На данном участке одновременно находится в обработке 80 наименований изделий со схожими типоразмерами, среднее число операций для обработки каждого 3 на участке установлено 10 станков. С учетом принятых данных получим 120 операций ежемесячно на 12 станках

					ДП 44.03.04.565 ПЗ	Лист
						15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Для среднесерийного производства значение коэффициента серийности находится в диапазоне  $K_{зо} \leq 20$ , из чего следует, что тип производства соответствует среднесерийному типу производства согласно выражению (2).

Для производства величину партии деталей определяют по уравнению:

$$n = \frac{N \cdot t}{\Phi}, \quad (2.1)$$

где  $N$  - количество деталей по годовой программе вместе с запасными частями, шт;

$t$  - число дней, на которое необходимо иметь запас деталей на складе; согласно рекомендациям принимаем  $t = 10$  дней;

$\Phi$  - число рабочих дней в году; для определения размера партии деталей принимаем  $\Phi = 240$  дней.

Подставляя численные значения в формулу (2.1), находим:

$$n = 3000 \cdot 10 / 240 = 125 \text{ шт}$$

### 1.5. Обоснование выбора метода изготовления заготовки

При выборе способа получения заготовки необходимо стремиться к максимальному приближению формы и размеров заготовки к параметрам готовой детали и снижению трудоемкости последующей механической обработки. При этом тот или иной способ получения заготовки предопределяется назначением и конструкцией детали, материалом, техническими требованиями, масштабом и серийностью выпуска, а также экономичностью ее изготовления. Анализ рабочего чертежа показывает, что значительное число внутренних поверхностей детали не подвергается механической обработке резанием и может быть сформировано уже на стадии изготовления заготовки, рисунок 3 [16].



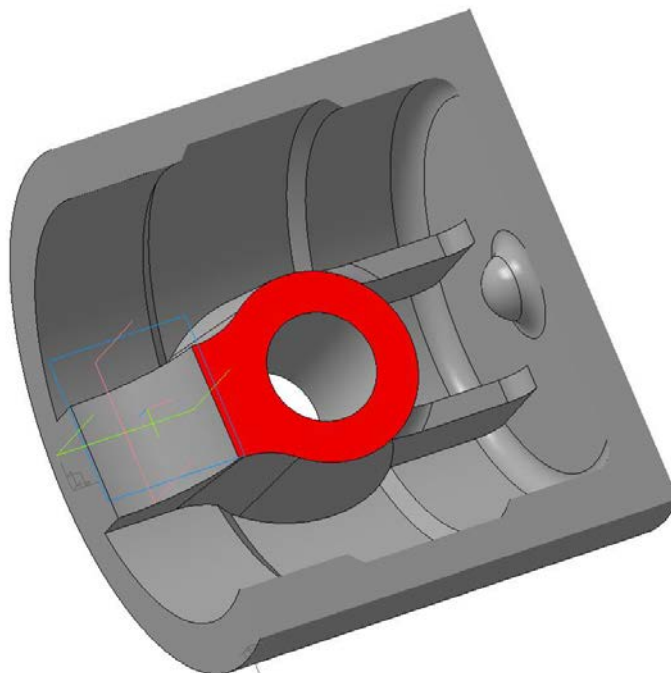


Рисунок 3 - Вид заготовки в разрезе

Заготовка поршня может получаться не только в результате применения различных технологических процессов (литья,ковки,штамповки и др.), но и несколькими различными вариантами одного и того же технологического метода. При выборе конкретного метода получения заготовки определяющими являются обеспечение заданной чертежом детали точности и чистоты поверхности, не подвергаемой дальнейшей механической обработке, и экономичность ее изготовления.

Заготовку выбирают исходя из минимальной себестоимости готовой детали для заданного годового выпуска. Чем больше форма и размеры заготовки приближаются к форме и размерам готовой детали, тем дороже она в изготовлении, но тем проще и дешевле ее последующая механическая обработка и меньше расход материала, что видно на рисунке 4. Задача решается на основе минимизации.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.565 ПЗ

Лист

17

Отметим, что повышается производительность труда в результате исключения трудоемких операций приготовления смеси, формовки и очистки отливок. Поэтому использования литья в кокили, по данным различных предприятий (по сравнению с литьем в песчаные формы), позволяет в 2-3 раза повысить производительность труда в литейном цехе и реконструкций, существующих за счет сокращения требуемых производственных площадей, расходов на оборудование и очистные сооружения. Стабильные показатели качества, в частности: механические свойства, структура, плотность, шероховатость, точность размеров отливок.

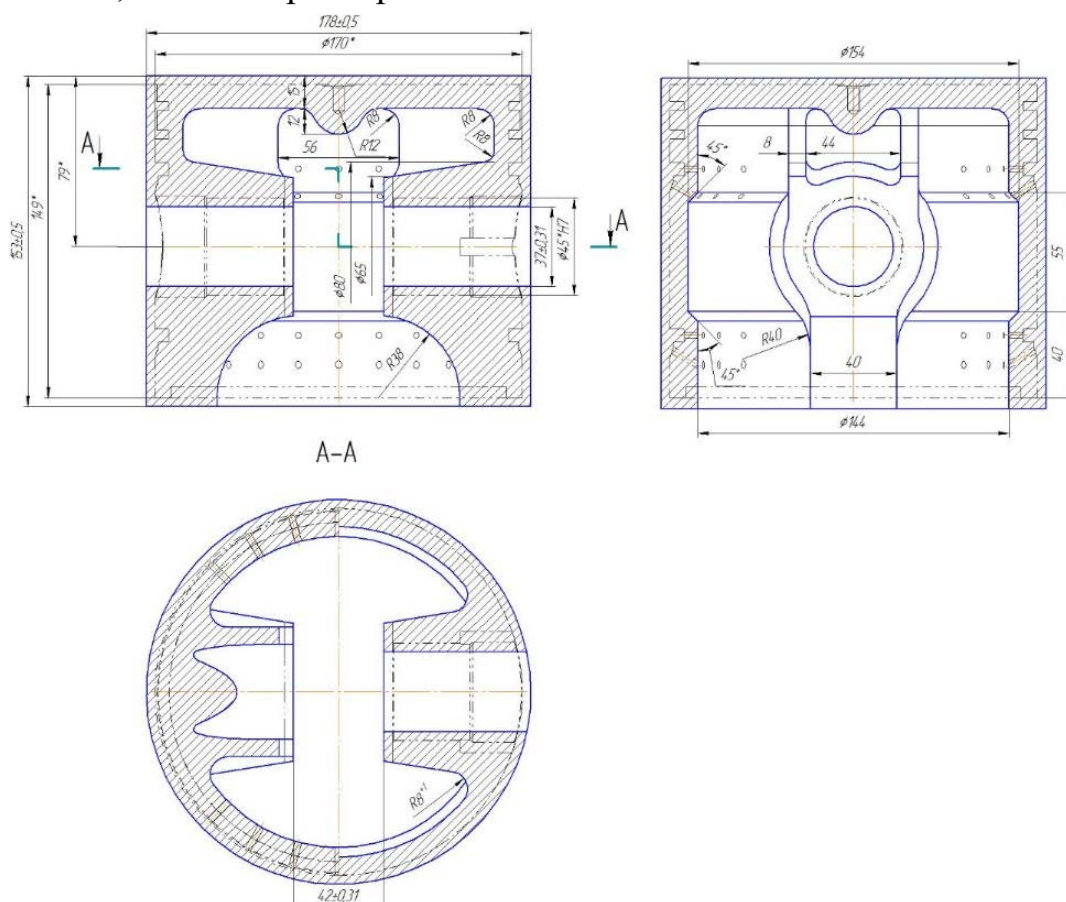


Рисунок 4 - Заготовка поршень отливка

### 1.5.1. Экономическое обоснование выбора заготовки

Из результатов проведенных расчетов и уточнения метода следует, что наиболее рациональным способом получения заготовки для корпуса является штамповка на ГВП, обеспечивающая меньшую технологическую себестоимость детали и более высокий коэффициент использования материала.

$$C_3 = M \cdot C_M - M_0 \cdot C_0 + C_{зч} T_{шт} \left(1 + \frac{C_u}{100}\right), \quad (3)$$

где  $M$  - масса заготовки

$C_M$  – цена на материалов зависимости от метода получения заготовки

$M_0$  – масса отходов материала, кг

$C_0$  – цена 1 кг отходов, р

$C_{зч}$  – средняя часовая зарплата основных рабочих по тарифу, р./чел-ч

$T_{шт}$  – штучно-калькуляционное время черновой обработки заготовки, ч

$C_u$  - цеховые накладные расходы [3].

Данные для расчета стоимости заготовки по вариантам.

Таблица 3 - Сравнение способов получения заготовки

Общие исходные данные	Наименование показаний	1й вариант	2й вариант
Материал детали	Вид заготовки	Прокат	Литье
Масса детали	Класс точности		T2
Годовая программа	Степень сложности		C2
Такт выпуска	Масса заготовки	10,27	6,3
Тип производства	Стоимость 1Т заготовок	110036,3	110386
	Стоимость 1Т стружки	146	146
	Коэффициент использования материала	0,4	0,68

Используя формулу (3), получаем:

$$C_{31} = 10,27 \cdot 128,8 - 5,97 \cdot 0,146 + 0,638 \cdot 3,5 \left(1 + \frac{80}{100}\right) = 1325,9 \text{р}$$

$$C_{з2}=6,3*140-2,0*0,146+0,638*0,5\left(1+\frac{80}{100}\right)=882,28p$$

Экономический эффект при сопоставлении способов получения заготовки.

$$\mathcal{E}_3 = (C_{з1} - C_{з2})N$$

$$\mathcal{E}_3 = (1325.9 - 882.28) * 3000 = 1330860 p$$

### 1.6. Составление плана обработки

Разработка технологического процесса состоит из комплекса взаимосвязанных работ, предусмотренных стандартами ЕСТПП и должна выполняться в полном соответствии с требованиями ГОСТ 14.301-83 «Общие правила разработки технологических процессов и выбора технологического оснащения». При разработке маршрутной технологии придерживаются следующих основных принципов:

- а) в первую очередь, обрабатывают поверхности, которые являются базовыми при дальнейшей обработке;
- б) после этого обрабатывают поверхности с максимальным припуском для выявления дефектов заготовки;
- в) необходимо соблюдать принцип концентрации операций, при котором как можно больше поверхностей должно обрабатываться в одной операции;
- г) необходимо соблюдать принципы совмещения и постоянства баз;
- д) необходимо учитывать, на каких стадиях технологического процесса целесообразно производить механическую, термическую и другие виды обработки в зависимости от требований чертежа;
- е) поверхности, к которым предъявляются наиболее высокие требования по качественно-точностным характеристикам, окончательно обрабатываются в последнюю очередь [8].

Разработка маршрута обработки любой детали начинается с предварительного выбора вида обработки отдельных поверхностей заготовки и

					ДП 44.03.04.565 ПЗ	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

определения методов достижения точности, соответствующей требованиям чертежа, серийности производства и технологических возможностей существующего в наличии на предприятии оборудования. После анализа этих данных приступают к составлению планов механической обработки детали. С учетом особенностей конструкции заготовки, так же стремятся обработать за один станов наибольшее количество поверхностей. Вновь разработанная маршрутная технология обработки поршня представлена в комплекте карт технологического процесса. План обработки по поверхностям представлен в таблице 4.

Таблица 4 - Составление плана обработки по поверхностям

Размер	Квалитет	Параметр шероховатости	Метод обработки
149	14		Подрезка торца черновая, чистовая
Ø155	7		Растачивание
50	14		Фрезерование
145	14		Подрезка торца черновая, чистовая
Ø5	14	12,5	Сверление
Ø15	14	12,5	Растачивание
Ø20	14	12,5	Сверление
Ø170	7	0,8	Точение черновое, чистовое
4; 6	7	1,6	Точение черновое, чистовое
Ø44	14	6,3	Фрезерование черновое
Ø45	7	1,6	Растачивание чистовое
Ø47	7	1,6	Растачивание чистовое
8	7	6,3	Фрезерование
Ø3	14	12,5	Сверление
M6	7	3,2	Нарезание резьбы метчиком

### 1.7. Выбор технологических баз и методов обработки

Выбор баз при конструировании и изготовлении деталей сборочных единиц существенно влияет на точность механизма или машины, для которой они предназначены.

Поверхности заготовки или сборочной единицы, ориентирующие ее при установке для обработки (сборки) на станке, называют базами, придаваемое заготовке (сборочной единице) положение, определяемое базами, называют базированием. Согласно ГОСТ 21495-76 под базированием следует понимать придание заготовке или сборочной единице требуемого положения относительно выбранной системы координат [11].

Теория базирования является общей и распространяется на все твердые тела, в том числе на изделия машиностроения, как в сборе, так и на всех стадиях производственного процесса (механической обработки, транспортирования, измерения, сборки и т.д.). Известно, что всякое твердое тело имеет в пространстве шесть степеней свободы относительно выбранной системы координат: поступательные движения по координатным осям и вращательные движения вокруг каждой из них. Для обеспечения неподвижности заготовки в выбранной системе координат на нее необходимо наложить шесть двусторонних геометрических связей. Если заготовка должна иметь определенное число степеней свободы, то соответствующее число связей снимается. Например, при обточке вала на станке необходимо его закрепить, обеспечив в то же время его вращение. Следовательно, при базировании вал будет лишен только пяти степеней свободы, а шестая степень свободы — вращение вокруг собственной оси (что соответствует вращению вокруг одной из координатных осей) — у него остается.

Согласно ГОСТу базой называется поверхность или выполняющее ту же функцию сочетание поверхностей, ось, точка, принадлежащая заготовке и используемая для базирования. Для придания заготовке соответствующего положения в выбранной системе, следует использовать комплект баз, образующих систему координат заготовки. Для лишения шести степеней свободы заготовки требуется шесть неподвижных опорных точек, расположенных в трех перпендикулярных плоскостях.

#### Основные принципы базирования

- Принцип постоянства баз, основан на применении в одном технологическом процессе одни и те же поверхности в качестве технологических баз.
- Принцип единства баз, основан на совмещении конструкторских и технологических баз [17].

Схемы базирования заготовки на различных операциях представлены в таблице 5.

					ДП 44.03.04.565 ПЗ	Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 5 - Схемы базирования детали

Схема базирования	Операция	Описание
	<p>005 Установ А</p>	<p>Базовыми поверхностями являются необработанные, черновые радиальная и торцевая поверхности (направляющая) и поверхность торца (установочная база) Это позволит подрезать торец и расточить отверстие, фрезеровать внутренние плоскости.</p>
	<p>005 Установ Б</p>	<p>Базами являются обработанные поверхности. Отверстие (направляющая), обточенный торец (установочная база) Это позволит проточить торец и просверлить отверстие, поджать центром, проточить радиальную поверхность, проточить канавки, расточить отв., фрезеровать пазы, сверлить отв., нарезать резьбу.</p>

Вывод: при выборе данной схемы базирования соблюдается принцип постоянства баз.

					ДП 44.03.04.565 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24



### 1.8. Разработка технологического маршрута

Построение маршрутной технологии зависит от конструктивно-технологических особенностей детали и требований точности.

При разработке технологического процесса изготовления детали, необходимо следовать рекомендациям и последовательности действий.

- обработка базовых поверхностей;
- черновая обработка, при которой снимают наибольшую величину припуска;
- обработка тех поверхностей, которые не снижают жесткость обрабатываемой заготовки (детали);
- обработка поверхностей, которые не требуют высокой точности;
- отделочные операции следует выносить к концу технологического процесса обработки, за исключением тех случаев, когда поверхности служат базой для последующих операций;
- обрабатывать наибольшее количество поверхностей детали за одну установку и др.

Таблица 6 - Маршрутный технологический процесс

Наименование операции	Станок (модель)
005 Комбинированная с ЧПУ	MASTURN-350W
010 Контроль	Поверочная плита, специальное приспособление.

Вывод: в маршрутный технологический процесс (ТП) входит одна операция механической обработки, содержащая 2 установка - это позволяет экономить время на межоперационной транспортировке и межоперационном контроле, что снижает процент брака ДСЕ, при полном прохождении деталью, маршрута механической и других видов обработки. Технологический маршрут изготовления детали «Поршень» - прогрессивный, учитывая количество переходов и видов обработки.

### 1.9. Разработка технологических операций

Разработка содержания операций означает последовательность переходов в операции. Каждая технологическая операция может быть описана на отдельном документе - на операционной карте. Полную запись переходов следует применять, если нет операционного эскиза.

При наличии операционного эскиза следует применять сокращенную запись. Операционный эскиз служит графической иллюстрацией к обработке заготовки. На эскизе изображается заготовка в той стадии обработки, которая достигается после данной операции. Переходы содержат указания - каким инструментом можно получить каждую элементарную поверхность в зависимости: от требуемой точности и шероховатости. Одновременно с этим определяется количество переходов с расчетом глубины резания для каждого прохода. В процессе разработки переходов следует учесть, что одновременная обработка нескольких поверхностей обеспечивает соосность данных поверхностей с более высокой точностью.

Технологический процесс (ТП) механической обработки детали «Поршень» представлен в таблице 7. Режущий инструмент подобран по электронному каталогу «Hoffmann Group» [14].

					ДП 44.03.04.565 ПЗ	Лист
						26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 7 - Технологический процесс механической обработки детали «Поршень»

Операция 005 Многооперационная с ЧПУ установ А		
Эскиз	Текстовое описание	Оборудование
1	2	3
	<p>1. Установить в трех-кулачковом само-центрирующем пневмо-патроне и закрепить.</p> <p>2. Точить поверхность 1.</p> <p>Державка для СМП правая GARANT Art. No. 250016</p> <p>Пластины: CNG. 120404 CA510 KYOCERA Art. No. 255609</p>	<p>MACTURN-350W</p>
	<p>3. Расточить отверстие 2.</p> <p>Расточная державка правая GARANT Art. No. 250036</p> <p>Пластины: CNMG 09T304 GARANT Art. No. 250050</p>	<p>MACTURN-350W</p>

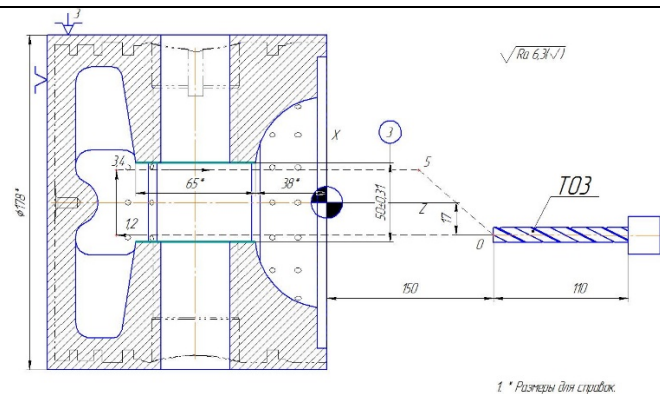
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ДП 44.03.04.565 ПЗ

Лист

27

Продолжение таблицы 7 - Тех. процесс механической обработки детали  
«Поршень»

1	2	3
 <p>1. * Размеры для справок.</p>	<p>4. Фрезеровать поверхность 3. Концевая фреза HSS-Co8 GARANT Art. No. 191520</p>	<p>MACTURN-350W</p>

На рисунке 5, можно рассмотреть пример расшифровки обозначения пластин [14].

Система обозначений СМП по коду ISO / заводскому стандарту	
<p>1. Точность</p> <p>2. Отверстие</p> <p>3. Диаметр</p> <p>4. Радиус</p> <p>5. Радиус</p> <p>6. Радиус</p> <p>7. Радиус</p> <p>8. Радиус</p> <p>9. Радиус</p> <p>10. Радиус</p> <p>11. Радиус</p> <p>12. Радиус</p> <p>13. Радиус</p> <p>14. Радиус</p> <p>15. Радиус</p> <p>16. Радиус</p> <p>17. Радиус</p> <p>18. Радиус</p> <p>19. Радиус</p> <p>20. Радиус</p> <p>21. Радиус</p> <p>22. Радиус</p> <p>23. Радиус</p> <p>24. Радиус</p> <p>25. Радиус</p> <p>26. Радиус</p> <p>27. Радиус</p> <p>28. Радиус</p> <p>29. Радиус</p> <p>30. Радиус</p> <p>31. Радиус</p> <p>32. Радиус</p> <p>33. Радиус</p> <p>34. Радиус</p> <p>35. Радиус</p> <p>36. Радиус</p> <p>37. Радиус</p> <p>38. Радиус</p> <p>39. Радиус</p> <p>40. Радиус</p> <p>41. Радиус</p> <p>42. Радиус</p> <p>43. Радиус</p> <p>44. Радиус</p> <p>45. Радиус</p> <p>46. Радиус</p> <p>47. Радиус</p> <p>48. Радиус</p> <p>49. Радиус</p> <p>50. Радиус</p> <p>51. Радиус</p> <p>52. Радиус</p> <p>53. Радиус</p> <p>54. Радиус</p> <p>55. Радиус</p> <p>56. Радиус</p> <p>57. Радиус</p> <p>58. Радиус</p> <p>59. Радиус</p> <p>60. Радиус</p> <p>61. Радиус</p> <p>62. Радиус</p> <p>63. Радиус</p> <p>64. Радиус</p> <p>65. Радиус</p> <p>66. Радиус</p> <p>67. Радиус</p> <p>68. Радиус</p> <p>69. Радиус</p> <p>70. Радиус</p> <p>71. Радиус</p> <p>72. Радиус</p> <p>73. Радиус</p> <p>74. Радиус</p> <p>75. Радиус</p> <p>76. Радиус</p> <p>77. Радиус</p> <p>78. Радиус</p> <p>79. Радиус</p> <p>80. Радиус</p> <p>81. Радиус</p> <p>82. Радиус</p> <p>83. Радиус</p> <p>84. Радиус</p> <p>85. Радиус</p> <p>86. Радиус</p> <p>87. Радиус</p> <p>88. Радиус</p> <p>89. Радиус</p> <p>90. Радиус</p> <p>91. Радиус</p> <p>92. Радиус</p> <p>93. Радиус</p> <p>94. Радиус</p> <p>95. Радиус</p> <p>96. Радиус</p> <p>97. Радиус</p> <p>98. Радиус</p> <p>99. Радиус</p> <p>100. Радиус</p>	<p>1. Точность</p> <p>2. Отверстие</p> <p>3. Диаметр</p> <p>4. Радиус</p> <p>5. Радиус</p> <p>6. Радиус</p> <p>7. Радиус</p> <p>8. Радиус</p> <p>9. Радиус</p> <p>10. Радиус</p> <p>11. Радиус</p> <p>12. Радиус</p> <p>13. Радиус</p> <p>14. Радиус</p> <p>15. Радиус</p> <p>16. Радиус</p> <p>17. Радиус</p> <p>18. Радиус</p> <p>19. Радиус</p> <p>20. Радиус</p> <p>21. Радиус</p> <p>22. Радиус</p> <p>23. Радиус</p> <p>24. Радиус</p> <p>25. Радиус</p> <p>26. Радиус</p> <p>27. Радиус</p> <p>28. Радиус</p> <p>29. Радиус</p> <p>30. Радиус</p> <p>31. Радиус</p> <p>32. Радиус</p> <p>33. Радиус</p> <p>34. Радиус</p> <p>35. Радиус</p> <p>36. Радиус</p> <p>37. Радиус</p> <p>38. Радиус</p> <p>39. Радиус</p> <p>40. Радиус</p> <p>41. Радиус</p> <p>42. Радиус</p> <p>43. Радиус</p> <p>44. Радиус</p> <p>45. Радиус</p> <p>46. Радиус</p> <p>47. Радиус</p> <p>48. Радиус</p> <p>49. Радиус</p> <p>50. Радиус</p> <p>51. Радиус</p> <p>52. Радиус</p> <p>53. Радиус</p> <p>54. Радиус</p> <p>55. Радиус</p> <p>56. Радиус</p> <p>57. Радиус</p> <p>58. Радиус</p> <p>59. Радиус</p> <p>60. Радиус</p> <p>61. Радиус</p> <p>62. Радиус</p> <p>63. Радиус</p> <p>64. Радиус</p> <p>65. Радиус</p> <p>66. Радиус</p> <p>67. Радиус</p> <p>68. Радиус</p> <p>69. Радиус</p> <p>70. Радиус</p> <p>71. Радиус</p> <p>72. Радиус</p> <p>73. Радиус</p> <p>74. Радиус</p> <p>75. Радиус</p> <p>76. Радиус</p> <p>77. Радиус</p> <p>78. Радиус</p> <p>79. Радиус</p> <p>80. Радиус</p> <p>81. Радиус</p> <p>82. Радиус</p> <p>83. Радиус</p> <p>84. Радиус</p> <p>85. Радиус</p> <p>86. Радиус</p> <p>87. Радиус</p> <p>88. Радиус</p> <p>89. Радиус</p> <p>90. Радиус</p> <p>91. Радиус</p> <p>92. Радиус</p> <p>93. Радиус</p> <p>94. Радиус</p> <p>95. Радиус</p> <p>96. Радиус</p> <p>97. Радиус</p> <p>98. Радиус</p> <p>99. Радиус</p> <p>100. Радиус</p>

Рисунок 5 - Расшифровка обозначения пластин

Продолжение таблицы 7 - Тех. процесс механической обработки детали  
«Поршень»

Операция 005 Комплексная с ЧПУ установ Б		
1	2	3
Эскиз	Текстовое описание	Оборудовани е
	<p>1. Перехватить противопинделем, трехлачковым самоцентрирующим пневмо-патроном.</p> <p>2. Точить поверхность 4.</p> <p>Державка для СМП правая GARANT Art. No. 250016</p> <p>Пластины: CNG. 120404 KBN25M KYOCERA Art. No. 255609</p>	<p>МАCTURN-350W</p>
	<p>3. Сверлить отверстие 5</p> <p><u>Сверло</u></p> <p><u>высокопроизводительное</u></p> <p><u>твердосплавное</u></p> <p><u>Whistle-Notch HE</u></p> <p><u>TiN HOLEX</u> Art. No. 122640</p>	<p>МАCTURN-350W</p>

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ДП 44.03.04.565 ПЗ

Лист

29

Продолжение таблицы 7 - Тех. процесс механической обработки детали  
«Поршень»

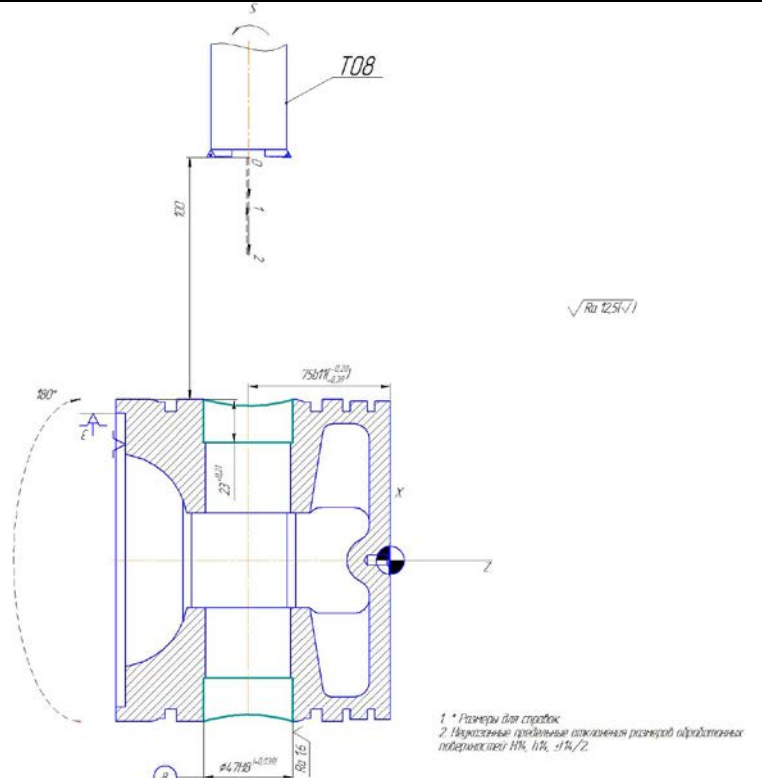
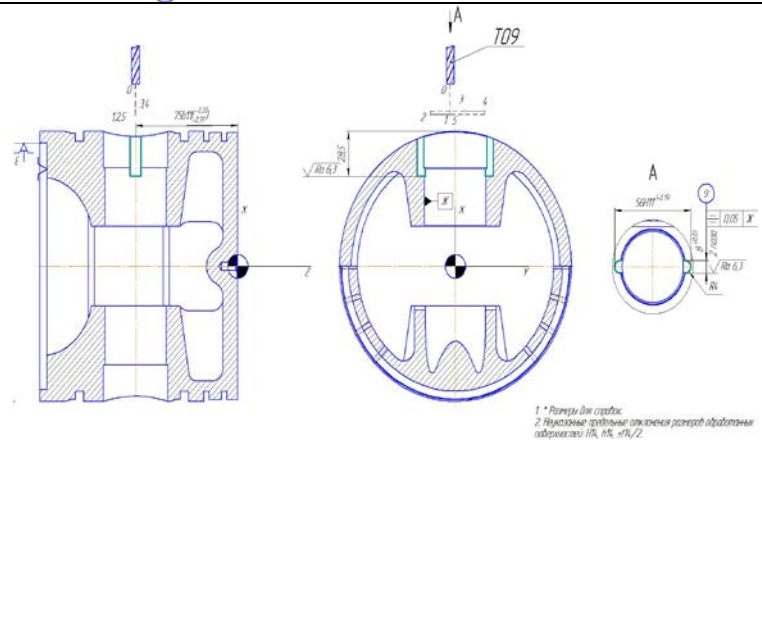
<p style="text-align: center;"><b>1</b></p> <p style="text-align: center;">Б (2:1) <math>\sqrt{Rz 12.5 \sqrt{1}}</math></p> <p>1 * Размеры для справок. 2 Не указанные предельные отклонения размеров обработанных поверхностей: H16, H18, ±14/2</p>	<p style="text-align: center;"><b>2</b></p> <p>4. Расточить поверхности 5.1. Токарная державка UniTurn® KOMET Art. No. 240100 Копирный расточной резец UniTurn®, правый L<sub>2</sub> = 10 мм KOMET Art. No. 240110</p>	<p style="text-align: center;"><b>3</b></p> <p>МАCTURN-350W</p>
<p style="text-align: center;">Б (5:1) <math>\sqrt{Rz 16 \sqrt{1}}</math></p> <p>1 * Размеры для справок. 2 Не указанные предельные отклонения размеров обработанных поверхностей: H16, H18, ±14/2</p>	<p style="text-align: center;"><b>5</b></p> <p>5. Точить поверхности 6. Державка для точения канавок правая GARANT Art. No. 273860 Отрезная / прорезная СМП CA510 GARANT Art. No. 273706</p>	<p style="text-align: center;"><b>6</b></p> <p>МАCTURN-350W</p>

Продолжение таблицы 7 - Тех. процесс механической обработки детали  
«Поршень»

1	2	3
<p>1 * Размеры для справок 2 Невказанные предельные отклонения размеров обработанных поверхностей: H8, h8, ±16/2</p>	<p>6. Фрезеровать поверхность 7. Концевая фреза HSS-Co8 GARANT Art. No. 191520</p>	<p>MACTURN-350W</p>
1	2	3
<p>1 * Размеры для справок 2 Невказанные предельные отклонения размеров обработанных поверхностей: H8, h8, ±16/2</p>	<p>7. Расточить поверхность 7. Набор для прециз. растачивания MicroKom® hi.flex 6-125 мм KOMET Art. No. 238390</p>	<p>MACTURN-350W</p>



Продолжение таблицы 7 - Тех. процесс механической обработки детали  
«Поршень»

1	2	3
 <p>1 * Размеры для справок 2 Нормированные предельные отклонения размеров обработанных поверхностей: H7/g6, H7/g6, -H7/g6/2.</p>	<p>8. Расточить поверхность 8. Набор для прецизионного растачивания MicroKom® hi.flex 6-125 мм KOMET Art. No. 238390</p>	<p>MACTURN-350W</p>
 <p>1 * Размеры для справок 2 Нормированные предельные отклонения размеров обработанных поверхностей: H7/g6, H7/g6, -H7/g6/2.</p>	<p>9. Фрезеровать поверхность 9. Концевая фреза HSS-Co8 GARANT Art. No. 191520</p>	<p>MACTURN-350W</p>

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.565 ПЗ

Лист

32



Окончание таблицы 7 - Тех. процесс механической обработки детали  
«Поршень»

<p>1</p>	<p>2</p> <p>10. Сверлить 2 ряда по 14 прямых отверстий 10; 2 ряда по 14, под углом 30°, отверстий 11. Свёрла высокопроизводительные твердосплавные Whistle-Notch HE TiN HOLEX Art. No. 122645</p>	<p>3</p> <p>MACTURN-350W</p>
	<p>7. Нарезать резьбу M6-7H. Метчик машинный HSS/E пареоксирированы й [https://www.hoffmann-group.com]</p>	<p>MACTURN-350W</p>

Вывод: представлен технологический процесс, позволяющий решить все поставленные технологические операции, по средствам прогрессивного инструмент и прогрессивного оборудования.

### 1.9.1. Анализ исходной информации

При рассмотрении заводских типовых технологических процессов выявлены следующие недостатки:

- Большое количество установов, что значительно влияет на точность взаимного расположения поверхностей.
- Применение специализированных приспособлений с ручным зажимом. Это увеличивает вспомогательное время.
- В процессе производства задействовано большая группа оборудования различного назначения, что приводит к увеличению длительности технологического цикла изготовления, возникновению межоперационного пролеживания и увеличивает себестоимость производства изделия.

Принятые шаги к совершенствованию технологического процесса и устранения недостатков:

- Применение многооперационного оборудования, что приведет к сокращению вспомогательного времени, увеличения доли машинного времени, сокращению количества установов и как следствие сокращение цикла производства, сокращение количества оборудования участвующего в процессе производства и уме.
- Применение специализированных приспособлений с пневматическим зажимом, значительно сократит вспомогательное время на операцию.
- Применение модульной системы инструмента сократит время наладки станка и значительно оптимизирует процесс производства.

Разрабатываемый технологический процесс должен быть прогрессивным, обеспечивать повышение производительности труда и качества деталей, сокращение трудовых и материальных затрат на его реализацию, уменьшение вредных воздействий на окружающую среду. Технологический процесс

					ДП 44.03.04.565 ПЗ	Лист
						34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

разрабатывают на основе имеющегося типового или группового технологического процесса.

Важным этапом разработок является нормирование технологического процесса. Нормирование включает: расчет и нормирование труда на выполнение процесса; определение разряда работ и обоснование профессий исполнителей для выполнения операций в зависимости от сложности этих работ; расчет норм расхода материалов, необходимых для реализации процесса [24].

Базовой исходной информацией для проектирования ТП служат: рабочие чертежи деталей, технические требования, регламентирующие точность, параметр шероховатости поверхности и другие требования качества; объем годового выпуска изделий, определяющий возможность организации поточного производства. Для не поточного производства важно знать ритмичность выпуска изделий и объем серий.

Для разработки технологического процесса обработки детали требуется предварительно изучить ее конструкцию и функции, выполняемые в узле, проанализировать технологичность конструкции и проконтролировать чертеж. Рабочий чертеж детали должен иметь все данные, необходимые для исчерпывающего и однозначного понимания при изготовлении и контроле детали [19].

Технологичность конструкции детали анализируют с учетом условий ее производства, рассматривая особенности конструкции и требования качества как технологические задачи изготовления.

Всю механическую обработку распределяют по операциям и, таким образом, выявляют последовательность выполнения операций и их число; для каждой операции выбирают оборудование и определяют конструктивную схему приспособления.

При проектировании новых производств в основе технологических разработок и выбора оборудования должны находиться прогрессивный технологический процесс и технико-экономические обоснования, подтверждающие выгодность применения нового высокопроизводительного оборудования, сложных и дорогостоящих средств технологического оснащения. На действующих заводах необходимо учитывать имеющееся оборудование, однако это не должно оказывать решающего влияния на разрабатываемый технологический процесс, если условия производства обеспечивает рациональное использования специального оборудования, достижение высокой производительности труда, снижение себестоимости деталей.

Операционную технологию разрабатывают с учетом места каждой операции в маршрутной технологии. К моменту проектирования каждой операции известно, какие поверхности и с какой точностью нужно обрабатывать на данной операции [13].

#### **1.10. Выбор современного оборудования**

Эффективность технологических систем определяют три фактора: качество выпускаемой продукции, производительность, число рабочих, занятых в производстве. Широкие перспективы повышения эффективности производства открылись в связи с внедрением в машиностроении станков с ЧПУ.

Основными преимуществами станков с ЧПУ по сравнению с универсальными станками с ручным управлением являются: повышение точности обработки; обеспечение взаимозаменяемости деталей в серийном и мелкосерийном производстве, сокращение или полная ликвидация разметочных и слесарно-притирочных работ, простота и малое время переналадки; концентрация переходов обработки на одном станке, что приводит к сокращению затрат времени на установку заготовки, сокращению числа операций, затрат времени и средств на транспортирование и контроль деталей;

					ДП 44.03.04.565 ПЗ	Лист
						36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

сокращение цикла подготовки производства новых изделий и сроков их поставки; обеспечение высокой точности обработки деталей, так как процесс обработки не зависит от навыков и интуиции оператора; уменьшение брака по вине рабочего; повышение производительности станка в результате оптимизации технологических параметров; уменьшение парка станков, так как один станок с ЧПУ заменяет несколько станков с ручным управлением.

Стоимость станков с ЧПУ значительно превышает стоимость станков с ручным управлением. Кроме того, возникают дополнительные затраты на подготовку программ управления, наладку инструмента вне станка, обслуживание механизмов станка и устройств ЧПУ. В условиях применения сложного, дорогостоящего оборудования необходимо более тщательно выполнять технологические разработки, выбирать режущий и вспомогательный инструмент, более полно использовать технологические возможности станка, правильно выбирать модель станка и номенклатуру обрабатываемых на нем деталей [29].

На основе обобщения опыта эксплуатации станков с ЧПУ установлено, что если при их внедрении штучное время сокращается на 50% по сравнению с обработкой на станках с ручным управлением, то, несмотря на дополнительные затраты, обеспечивается общее сокращение расходов. Наибольший экономический эффект дает обработка деталей на станках с ЧПУ, изготовление которых на станках с ручным управлением связано с использованием дорогостоящей технологической оснастки (кондукторов, копиров, фасонных режущих инструментов и т.д.) большими затратами времени на наладку технологической системы по сравнению с оперативным временем.

На станках с ЧПУ целесообразно изготавливать детали сложной конфигурации, при обработке которых необходимо одновременное перемещение рабочих органов станка по нескольким осям координат (контурная обработка), детали с большим числом переходов обработки (эффект

					ДП 44.03.04.565 ПЗ	Лист
						37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

обеспечивается в том числе из-за уменьшения брака). На станках с ЧПУ достаточно легко и с меньшими затратами можно откорректировать программу управления, поэтому на этом оборудовании можно изготавливать детали, конструкция которых часто меняется, причем на станках могут работать операторы более низкой квалификации, чем на универсальных станках с ручным управлением[28].

На основе рекомендаций, изложенных выше, выбираем высокоэффективный токарно-фрезерный обрабатывающий центр с максимальной стабильностью и объемной точностью.



Рисунок 6 - ОЦ OKUMA модели MacTurn 350W

Обрабатывающий центр с ЧПУ OKUMA модели MacTurn 350W (производство Япония) изображен на рисунке 6.

Токарно-фрезерный обрабатывающий центр OKUMA MACTURN 350W с ЧПУ OSP-U100L предназначен для комплексной обработки деталей из различных материалов, в том числе из высоколегированных с твердостью

поверхности HRC 58...60. Станок оснащен осью С, противошпинделем, фрезерным шпинделем, который показан на рисунке 7, и магазином на 44 инструмента. Укомплектован конвейером для удаления стружки, пульт дистанционного управления, 1 Мб программной памяти, USB-порт, внутренний автотрансформатор.

#### Особенности OKUMA MacTurn 350W:

- Полностью литая чугунная станина;
- Полностью закрытое герметичное защитное ограждение;
- Серводвигатели перемещений по осям с прямой передачей момента;
- Стальные закаленные подшипниковые блоки направляющих;
- ШВП с двойным креплением и предварительно натянутой гайкой;
- Система автоматической смазки направляющих и ШВП;
- Система компенсации тепловых расширений ШВП;
- Откатная конструкция бака для СОЖ;
- Высокая надежность оборудования благодаря сочетанию совместных разработок.
- Обработка деталей сложной формы для медицинской, авиационной и автомобильной промышленности.
- Контроль за температурными деформациями главного шпинделя за счет симметричной конструкции и системы внутреннего охлаждения шпинделя.
- Вариант автоматизации: оснащение встроенным роботом.

					ДП 44.03.04.565 ПЗ	Лист
						39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Рисунок 7 - Фрезерная головка

Синхронная обработка по 5 осям

- Ось В с прямым приводом (технология DDMR) для синхронной 5-осевой обработки сложных деталей в области медицины, приборостроения, авиакосмической промышленности или автомобилестроения.
- Ось В с диапазоном поворота  $\dot{\Gamma} \} 120^\circ$  и ускоренным ходом 100 об/мин.
- Токарно-фрезерный шпиндель HSK-63 со скоростью вращения до 20.000 об/мин (опция), в стандартном исполнении – 12.000 об/мин.



Рисунок 8 - Револьверная головка

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.565 ПЗ

Лист

40



- Нижняя револьверная головка с 12 гнездами для  
одновременной обработки с инструментальным шпинделем  
(TZ, SZ) показана на рисунке 8.

- Обработку осуществляют оба шпинделя (1 и 2).

Вывод: Обрабатывающий центр OKUMA MASTURN 350W с ЧПУ OSP-  
U100L отлично подходит для механической обработки детали «Поршень», по  
своим характеристикам и функциональным возможностям, которые  
представлены в таблице 8.

					ДП 44.03.04.565 ПЗ	Лист
						41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 8 - Характеристики ОЦ OKUMA MacTurn 350W

Год выпуска	2003
Страна происхождения	Япония
Система управления	OSP-U100L
Диаметр обработки	350 мм
Длина обработки	1500 мм
Скорость вращения основного шпинделя	38 - 3800
Диаметр центрального отверстия основного	80 мм
Мощность привода основного шпинделя	22 / 15 кВт
Ось С	дискретность
Скорость вращения протившпинделя	50 - 5000
Диаметр центрального отверстия	62 мм
Мощность привода фрезерного шпинделя	7,5 кВт
Тип хвостовика	HSK 63
Перемещение по оси X	505 + 210 мм
Перемещение по оси Y	+/- 95 мм
Перемещение по оси Z	1670 + 1655 мм
Инструментальный магазин	44 позиции
Конвейер для удаления стружки	есть
Габаритные размеры станка	6000 х 3500 х

Вывод: характеристики и возможности обрабатывающего центра OKUMA MacTurn 350W, полностью удовлетворяют процесс механической обработки детали «Поршень», с запасом точности. MacTurn 350W прогрессивное оборудование, на нем может осуществляться обработка коленчатых валов и др. сложных деталей, имеет возможность одновременно обрабатывать двумя головами (револьверной и фрезерной).

### 1.11. Выбор режущего инструмента и технологической оснастки

Так как станки с ЧПУ дороги, то следует, по возможности, использовать самые совершенные инструменты и назначать интенсивные режимы обработки. Целесообразно применять инструменты со сменными пластинами с покрытием (в том числе и для сверления и развертывания), инструмент, оснащенный композитами. Комбинированный инструмент позволяет уменьшить затраты времени на смену, позиционирование стола и т.д., кроме того, при этом уменьшается число инструментов, необходимых для обработки детали, и необходимое число гнезд в инструментальном магазине.

На станках с ЧПУ следует использовать инструмент точного исполнения, небольшой длины, так как при этом выше режим обработки, точность, стойкость и надежность инструмента. Весь инструмент необходимо налаживать вне станка. На станке следует иметь устройство для контроля состояния режущей кромки, фиксации времени работы с указанием момента смены инструмента. Состояние инструмента, используемого на финишных переходах, необходимо контролировать с целью оперативной его под наладки в процессе обработки; с этой же целью можно контролировать точность обработки детали.

Целесообразно применять многошпиндельные приспособления и головки или столы, позволяющие, например, на станке с горизонтальным шпинделем обрабатывать поверхности, расположенные произвольным образом относительно основной базы детали [18].

Общая рекомендация при использовании станков с ЧПУ - нельзя экономить время на технологические разработки, выбор оптимальных режимов резания, технологической оснастки. Широкое применение современных высококачественных инструментов, разнообразных приспособлений, устройств контроля, диагностики, автоматической загрузки станков позволяет существенно повысить эффективность использования станков с ЧПУ.

					ДП 44.03.04.565 ПЗ	Лист
						43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Инструмент выбирается согласно принятым при синтезе маршрута методам получения поверхностей по материалам с учётом следующих правил:

Размеры инструмента должны быть оптимальными:

- При торцовом фрезеровании диаметр фрезы должен быть в 1,2-1,5 раза больше ширины фрезерования для полного перекрытия обрабатываемой поверхности.
- При сверлении и нарезании резьбы метчиком диаметр инструмента равняется диаметру обрабатываемого отверстия, длина должна быть достаточной для выхода стружки.

Инструмент для обрабатываемого центра выбирается под его параметры.

Фрезы нового поколения для обработки плоскостей, снижающей стоимость обработки на 25 процентов. Является высокоточным инструментом, обеспечивающим высокое качество чистовой обработки с минимальным количеством проходов. Использование во фрезах пластин с четырьмя режущими кромками сокращает затраты на производство единицы продукции. Фрезы отличают использование четырех-кромочных пластин, малые силы резания и плавное фрезерование. Это достигается благодаря положительному переднему и осевым углам, обеспечивающим мягкое вхождение в материал, а также инновационной геометрии режущей пластины и сплавам нового поколения. В частности, использована новая геометрия зачистной фаски, дающая возможность получать превосходную поверхность торцов и уступов. Пластины имеют острые линии кромок и обеспечивают ровное резание без заусенцев.

Импортные сверла делают неглубокие отверстия в два раза быстрее любого другого сверла, сокращая при этом затраты наполовину. В сравнительных испытаниях импортные сверла показали рост производительности в 60%. Новое поколение сверел отличается высокой надежностью в работе, благодаря исключительному процессу резания и

					ДП 44.03.04.565 ПЗ	Лист
						44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

эффективной эвакуации стружки из зоны обработки. Кроме высокой производительности и надежности обработки, сверла обеспечат отличное качество отверстия. Расширенный диапазон применения импортных сверел гарантирует отличную работу в широком диапазоне обрабатываемых материалов.

Инструмент был подобран специально для этого станка в электронном каталоге «Hoffmann Group», представлен в таблице 9 с подробным описанием [14]. На рисунке 9 изображен пример расшифровки обозначения токарной державки.

Barant

Система обозначений державок для СМП и расточных державок по коду ISO / заводскому стандарту

i

Токарная державка

P C L N R 25 25 M 16

Система крепления

Форма СМП

Тип державки

Ведущий угол СМП

Направление обработки

Хвостовик (СМП) Высота Ф / Ширина В
08 8
10 10
12 12
16 16
20 20
25 25
32 32
40 40
50 50

Длина инстру. L (мм)
D 60
E 70
F 80
H 100
K 125
M 150
N 160
P 170
R 200
S 250
T 300
U 350
X Обойма для...

Длина раб. части (мм)

Расточная державка

A 16 M S C L C R 09

Исполнение хвостовика	Ø d (mm)
A Стальная хвостовая с внутренним пазами СОК	04 4
AM Хвостовик H15 с внутренним пазами СОК	05 5
E Телескопический хвостовик с внутренним пазами СОК	06 6
C Телескопический хвостовик	08 8
E Телескопический хвостовик с внутренним пазами СОК	10 10
I Стальная хвостовая	12 12
	16 16
	20 20
	25 25
	32 32
	40 40
	50 50

Длина инстру. L (мм)
F 80
G 90
H 100
J 110
K 125
L 140
M 150
N 180
O 200
P 250
Q 300
R 350
S 400
T 450
U 500
V 550
W 600
X Специальные исполнения

Система крепления

Форма СМП

Главный угол в плане

Ведущий угол СМП

Направление обработки

Длина раб. части (мм)






46

Основной каталог




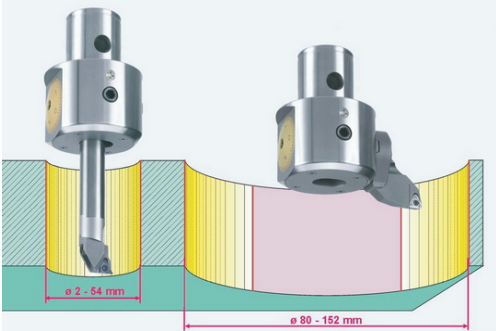
1653

Рисунок 9 - Пример расшифровки обозначения токарной державки

Таблица 9 - Перечень режущего инструмента

Наименование	Вид	Обоснование
1	2	3
Державка для СМП правая GARANT Art. No. 250016		Резец, позволяет производить быструю установку и настройку на размер. Благодаря применению сменных неперетачиваемых пластин исключает заточку.
Свёрла высокопроизводительн ые твердосплавные Whistle-Notch HE TiN HOLEX Art. No. 122640		Сверла делают неглубокие отверстия в два раза быстрее любого другого сверла, сокращая при этом затраты наполовину. Показали рост производительности в 60% .
Свёрла высокопроизводительн ые твердосплавные Whistle-Notch HE TiN HOLEX Art. No. 122760		
Концевая фреза HSS- Co8 GARANT Art. No. 191520		Высоко производительные фрезы, благодаря правильно подобранной геометрии и формы обеспечивает высокую производительность.
Концевая фреза HSS- Co8 GARANT Art. No. 191580		

## Окончание таблицы 9 - Перечень режущего инструмента

1	2	3
Токарная державка UniTurn® KOMET Art. No. 240100 Расточной резец UniTurn®, правый KOMET Art. No. 240110		Резец расточной со сменной неперетачиваемой пластиной. Благодаря применению сменных неперетачиваемых пластин исключает заточку.
Державка для точения канавок правая GARANT Art. No. 273860 Отрезная / прорезная СМП HB7215 GARANT Art. No. 273706		Резец канавочный, позволяет производить быструю установку и настройку на размер. Благодаря применению сменных неперетачиваемых пластин исключает заточку.
Метчик машинный TiCN GARANT Art. No. 132450		Высоко производительный метчик, благодаря правильно подобранной геометрии и формы передней грани обеспечивает высокую производительность.
Набор для прециз. растачивания MicroKom® hi.flex 6-125 мм KOMET Art. No. 238390		Прецизионная расточная система нового поколения для обработки различных диаметров отверстий и глубины, является высокоточным инструментом, обеспечивающим высокое качество чистовой обработки.

### 1.12. Расчет припусков на механическую обработку

Рассчитаем припуски на механическую обработку и промежуточные предельные размеры для наружного диаметра  $\varnothing 170_{-0,40}^{+0,35}$ . На остальные обрабатываемые поверхности назначим припуски допуски по ГОСТ 26645-85.

Заготовка детали «Поршень» представляет собой отливку 2 группы ТУ26-17-006-83, точность отливки 11-10 ГОСТ 26645-85, массой 6,3 кг. Технологический маршрут обработки наружного диаметра  $\varnothing 170_{(-0,40)}^{(-0,35)}$ , состоит из двух переходов: чернового и чистового точения. Все переходы выполняются при одной установке. Базами служат: торец и отверстие.

$$2z_{i \min} = 2[(Rz_{i-1} + h_{i-1}) + \sqrt{\Delta_{\Sigma}^2 + \varepsilon_i^2}],$$

где  $z_{i \min}$  ( $2z_{i \min}$ ) – минимальный расчетный припуск на выполняемом переходе;

$Rz$  - параметр шероховатости;

$h$  – глубина дефектного слоя;

$\Delta_{\Sigma}$  – Пространственные отклонения (кривизна и коробление заготовки, эксцентricность отверстия относительно наружной поверхности, увод оси отверстия, отклонения от параллельности, перпендикулярности осей, плоскостей и т. п.).

$\varepsilon_i$  – погрешность установки на выполняемом переходе.

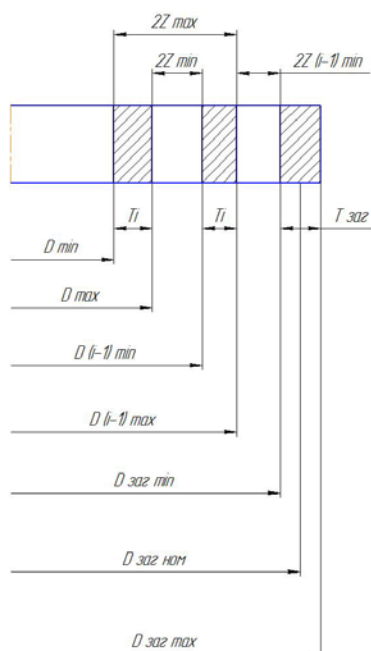


Рисунок 10 - Схема расположения припусков и допусков



$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{\kappa} \cdot l = 0,016 * 0,250 = 0,04 \text{ мм},$$

$$\varepsilon = C \left( \frac{P}{9,8} \right)^{0,5} = 2,9 \cdot \left( \frac{8000}{9,8} \right)^{0,5} = 0,08 \text{ мм},$$

$$2z_{i \min} = 2[(0,05 + 0,025) + \sqrt{0,075^2 + 0,08^2}] = 0,185 \text{ мм}$$

Значение элементов припусков, предельные размеры записываем в таблицу 10.

Таблица 10 - Расчет припусков и предельных размеров  $\varnothing 170_{-0,40}^{-0,35}$

Технологические переходы	T, Допуск мкм	Элементы припуска, мкм				Минимальный припуск,	Максимальный припуск,	Расчетный размер, мм	Операционный размер, мм
		Ra	h	$\Delta_{\Sigma}$	$\varepsilon$				
Заготовка	1000	50	50	1,5	-	2,175	2,375	178	170
Черновое точение $\varnothing 170_{-0,40}^{-0,35}$ мм	100	12,5	12,5	3	70	0,185	0,224	170	169,675
Чистовое точение $\varnothing 170_{-0,40}^{-0,35}$ мм	50	8	8	3	70	0,185	0,224	169,675	169,625

Вывод: при расчете определены значения межоперационных припусков на механическую обработку и промежуточные предельные размеры для наружного диаметра  $\varnothing 170_{-0,40}^{-0,35}$ .

## 1.13. РАСЧЕТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ

Рассчитано по рекомендациям производителя режущего инструмента, которые даны в каталоге «Hoffmann Group» [14].

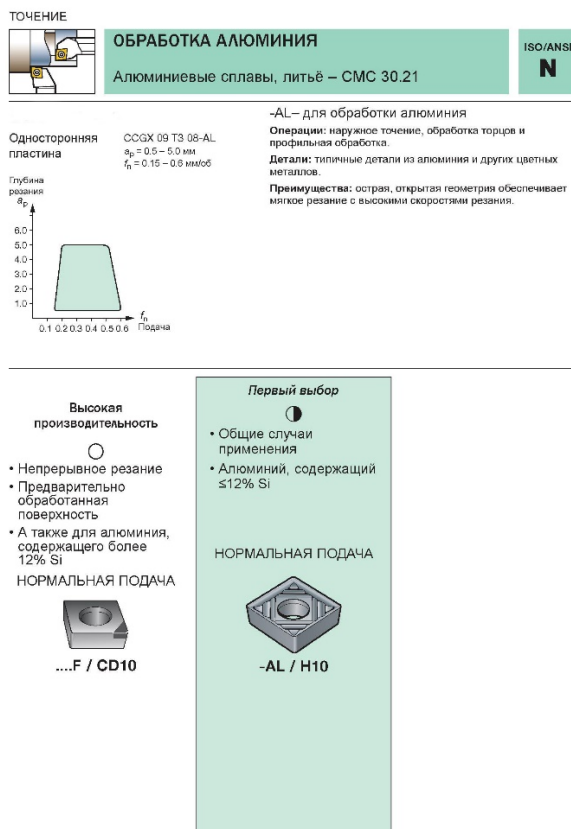


Рисунок 11 – Рекомендованные режимы

Операция 005, установ А, переход 1.

Точить торцевую поверхность в размер 149.

Глубина резания

$$t = 1,5 \text{ мм}$$

Подача

$$S = 0,1 \text{ мм/об}$$

Скорость резания

$$v = 335 \text{ м/мин}$$

определение частоты вращения шпинделя

$$n = \frac{1000 * v}{\pi * d},$$

$$n = \frac{1000 * 335}{3.14 * 178} = 600 \text{ об/мин}$$

определение силы резания

$$P_z = 10 C_p * S^y * t^x * K_p,$$

$$P_z = 10 * 178 * 0,1^{0,75} * 1^1 * 1 = 532,34 \text{ Н}$$

определение мощности резания

$$N_s = \frac{P_z * V}{1020 * 60},$$

$$N_s = \frac{532,34 * 335}{1020 * 60} = 2,9 \text{ кВт}$$

Условие, при котором резание возможно

$$N_s \leq [N_{CT} * \eta],$$

$$2,9 \leq [10 * 0.8]$$

где  $\eta$  - КПД станка

определение машинного времени

$$T = \frac{L_x}{S * n},$$

$$L_x = L + l_1,$$

где  $l_1 = \frac{t}{\tan \phi}$  - врезание

$l_2$  - перебег

$$l_1 = \frac{1,5}{1} = 1,5 \text{ мм}$$

$$L_x = 34 + 1,5 + 1 = 36,5$$

$$T = \frac{36,5}{0.2 * 1000} = 0,169 \text{ мин}$$

Аналогичные расчеты на последующие переходы сводим в таблицу 11.

					ДП 44.03.04.565 ПЗ	Лист
						51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 11 - Режимы резания операции 005, установ А

Переходы	Длина обработки, мм	Врезание, мм	Перебег, мм.	Диаметр	глубина резания. t, мм	Подача. S, мм/об	Скорость. V, м/мин	количество проходов	Частота вращения. n, об/мин	Машинное время Тм
Точить поверхность 1.	34	1,5	1	178	1.5	0.1	335	1	600	0.169
Расточить отверстие 2.	22	1	0	155	1	0.1	230	11	600	0.162
Фрезеровать поверхность 3.	65	1	1	16	4	0.08	120	1	1000	0.43

Таблица 12 - Режимы резания операции 005, установ Б

Переходы	Длина обработки, мм	Врезание, мм	Перебег, мм.	Диаметр	глубина резания. t, мм	Подача. S, мм/об	Скорость. V, м/мин	количество проходов	Частота вращения. n, об/мин	Машинное время Тм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Точить поверхность 4	145	2	1	178	1.5	0.2	335	1	600	0.451
Сверлить отверстие 5	12	1	0	5	2.5	0.1	35	1	600	0.12
Расточить отверстие 5,1.	5	1	0	15	0.5	0.1	230	1	600	0.12
Точить канавки 6	6	1	0	170	3.0	0.05	210	4	1000	0.432
Фрезеровать поверхность 7 предварительно.	138,16	1	0	16	3.5	0.2	160	1	2500	0.636
Расточить отверстие 7.	60	1	1	45	0.5	0.04	150	1	1000	0.575
Расточить отверстие 8.	23	20	20	47	1.0	0.04	150	1	1000	0.618

Окончание таблицы 12 - Режимы резания операции 005, установ Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Расточить фаски на отверстие 7;8.	0.5	0	0	47	0.5	0.1	150	2	1000	0.1
Фрезеровать поверхность 9	4	0	0	8	4	0.1	60	1	1800	0.232
Сверлить прямые отверстия 10	10	1	1	3	1.5	0.1	50	1	5300	0.28
Сверлить под углом 30° отверстия 11	15	1	1	3	1.5	0.1	50	1	5300	0.32
Нарезать резьбу М6	0.5	1	1	6	0.5	1.0	10	1	200	0.11

#### 1.14. Определение технических норм времени

Под технической нормой времени понимается время необходимое для выполнения заданного объема работы при определенных организационно-технических условиях. Норма штучного времени- это норма времени на выполнение объема работы, равного единице нормирования на выполнение технологической операции [25].

В серийном производстве определяется норма штучно-калькуляционного времени.

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{п-з} - 3}{n},$$

где  $T_{п-з}$  – подготовительно-заключительное время на партию деталей, мин

$n$  – количество деталей в партии

$T_{шт}$  – норма штучного времени

$$T_{шт} = t_o + t_{вс} + t_{об} + t_{ом},$$

где  $t_o$ - основное время

$t_{вс}$ - вспомогательное время (18% от машинного времени)

$t_{об}$ - время обслуживания рабочего места.

$t_{от}$ - время на отдых и личные надобности.

$$T_{шт} = 0,169 + 0,042 + 0,02 + 0,02 = 0,25 \text{ мин}$$

$$T_{ш-к} = 0,25 + \frac{24}{284} = 0,33 \text{ мин}$$

Данные по расчету сведем в таблицы 13, 14.

Таблица 13 - Определение норм времени на операцию 005, установ А

Переходы	Машинное время $T_m$	Вспомогательное время $t_{в}$	Штучное $T_{шт}$	Штучно- калькуляционные $T_{ш-к}$
Точить поверхность 1.	0.169	0.042	0.25	0.33
Расточить отверстие 2.	0.292	0.02	0.309	0.389
Фрезеровать поверхность 3.	0.33	0.02	0.35	0.403

Итоговое время в таблице 14.

Таблица 14 - Определение норм времени на операцию 005, установ Б

Переходы	Машинное время Тм	Вспомогательное время тв	Штучное Тшт	Штучно- калькуляционное Тш-к
Точить поверхность 4	0.651	0.003	0.462	0.67
Сверлить отверстие 5	0.12	0.017	0.141	0.149
Расточить отверстие 5,1.	0.12	0.004	0.137	0.145
Точить канавки 6	0.632	0.006	0.445	0.653
Фрезеровать поверхность 7 предварительно.	0.836	0.009	0.647	0.855
Расточить отверстие 7.	0.575	0.006	0.597	0.605
Расточить отверстие 8.	0.618	0.006	0.637	0.645
Расточить фаски на отверстие 7;8.	0.3	0.008	0.114	0.322
Фрезеровать поверхность 9	0.432	0.004	0.244	0.452
Сверлить прямые отверстия 10	0.58	0.005	0.295	0.603
Сверлить под углом 30° отверстия 11	0.62	0.005	0.335	0.643
Нарезать резьбу М6	0.11	0.007	0.125	0.133
Итого:				6.8

Вывод: штучное калькуляционное время за операцию 005, комбинированную с ЧПУ, установ А и установ Б составляет 6,8 мин.

## 2. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

### 2.1. Расчет зажимного приспособления

Техническое задание

Рассчитать зажимное, пневматическое приспособление для установки детали на операции 005 и 010, обеспечивающее необходимое усилие зажима и точность установки при обработке торцевой и внутренних поверхностей [18].

Из предыдущих расчётов:

Глубина резания

$$t = 1,5 \text{ мм}$$

Подача

$$S = 0,2 \text{ мм/об}$$

Скорость резания

$$v = 335 \text{ м/мин}$$

определение частоты вращения шпинделя

$$n = \frac{1000 * v}{\pi * d},$$
$$n = \frac{1000 * 335}{3.14 * 178} = 600 \text{ об/мин}$$

установим фактическое значение

$$n = 600 \text{ об/мин}$$

определение фактической скорости резания

$$v = \frac{\pi * D * n}{1000},$$
$$v = \frac{3.14 * 178 * 600}{1000} = 335 \text{ м/мин}$$

определение силы резания

$$P_z = 10 C_p * S^y * t^x * K_p,$$
$$P_z = 10 * 178 * 0,2^{0,75} * 1^1 * 1 = 532,34 \text{ Н}$$

Расчет точности приспособления

					ДП 44.03.04.565 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56



При подобной схеме базирования за основное условие примем условие обеспечения точности размеров, то есть обеспечить точность положения детали относительно системы координат станка.

Тогда примем поле допуска на размер 0,25 мм

Условие обеспечения точности

$$E_y + \Delta_n + \Delta_{обр} \leq \delta$$

$\Delta_n = 0,3 * a = 0,3 * 0,25 = 0,075$  мм - погрешность настройки

$\Delta_{обр} = 0,1$  мм – погрешность обработки

Погрешность обработки  $\Delta_{обр}$  возникает в процессе непосредственной обработки поверхности и вызывается:

- 1) геометрической неточностью станка в ненагруженном состоянии;
- 2) упругой деформацией технологической системы станок – приспособление – инструмент – деталь под нагрузкой;

износом и температурными деформациями технологической системы станок – приспособление – инструмент – деталь и другими причинами.

Погрешность установки  $\varepsilon_y$  - отклонение фактически достигнутого положения заготовки или изделия при установке в приспособлении от требуемого. Погрешность установки  $\varepsilon_y$  определяется:

$$E_y = E_{\delta} + E_z + E_{np} = 0 + 0,029 + 0,025 = 0,054$$

$E_{\delta} = 0$  - погрешность базирования равна нулю так как конструкторские базы совпадают с технологическими.

Погрешность базирования  $\varepsilon_{\delta}$  - отклонение фактически достигнутого положения заготовки или изделия при базировании от требуемого.

Погрешность базирования  $\varepsilon_{\delta}$  определяется расчетным путем, как величина проекции максимального смещения измерительной базы относительно технологической базы на направление выполняемого размера

$$E_s = \left[ (\kappa_{Rz} * Rz + K_{HB} * HB) + C_1 \right] * \frac{Q^n}{F^m} =$$

$$= \left[ (0.016 * 20 - 0.0045 * 40) + (0.776 + 0.053 * 1350) \right] * \frac{489.6^{0.6}}{1350^{0.6}} = E_{np} = 0,1a = 0,1 * 0,25 = 0,025 \text{ мм}$$

$$= 0.029 \text{ мм}$$

(погрешность приспособления)

Погрешность приспособления  $\varepsilon_{пр}$  включает в себя: износ его установочных элементов (опор), ошибке установки приспособления в шпинделе станка:

погрешность закрепления сведём к нулю при помощи дополнительной настройки инструмента на размер.

Тогда

При  $E_y = 0,054 \text{ мм}$

$$0,054 + 0,075 + 0,1 = 0,229 < 0.25 \text{ мм}$$

условие обеспечения точности выполнено.

Определение усилия зажима

При определении усилия зажима должно быть выполнено следующее условие

$$P_{рез} \leq P_{зажима}$$

Зажимное приспособление изображено на рисунке 11, а на рисунке 12 - направления усилий зажима.



Рисунок 12 - Зажимное приспособление

					ДП 44.03.04.565 ПЗ	Лист
						58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

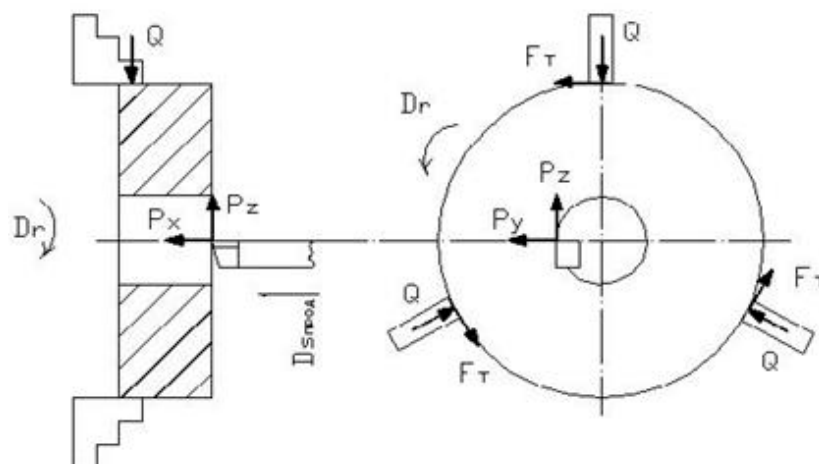


Рисунок 13 - Схема усилий зажима

Основные допущение при расчёте:

1. Все детали абсолютно жёсткие (пренебрегаем упругими деформациями, т.к. они оказывают незначительное влияние)
2. Нагрузка на опоры распределяется равномерно
3. Сила резания стремится вытолкнуть деталь из приспособления

$$P_{зж} = P_{шт}$$

Необходимо определить требуемое усилие зажима исходя из сопротивления сдвигу

$$P_{шт} = (P_z K_z) / K_{тр}$$

где  $K_z$  – коэффициент запаса (2,5),

$P_z$  – сила резания,

$K_{тр}$  – коэффициент трения.

$$P_{шт} = (532,34 * 1,2) / 0,12 = 5323,4 \text{ Н}$$

## 2.2. Разработка фрагмента управляющей программы

(\*\*\* Поршень\*\*\*)

G13

- голова А

G140

- главный шпиндель

G50 S2000

- ограничение оборотов

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.565 ПЗ

Лист

59

PR42=40 (PROTOCHKA)

- номер инструмента

CALL OGRAF

- прорисовка заготовки

NP03 G20 HP=1 (\* PROTOCHKA \*)

- порядок операции

CALL OP03 TLN=PR40 TNT=PR43

- вызов операции

M02

- конец программы

OP03 (PROTOCHKA)

- имя операции

MT=TLN\*100+1

- следующий инструмент

M321

- подготовка следующего инструмента

IF [VRSTT NE 0] NRTS

- проверка наличия инструмента в шпинделе

G90 G95 G97 S1000 M03 M08

- абсолютная система координат, включение

шпинделя и СОЖ

G00 X175 Z5 TL=TLN\*010101

- выход в координату с коррекцией на

инструмент

G85 NLAP2 D1.5 F0.1 U0.1 W0.2

- цикл черновой обработки

G87 NLAP2 F0.1

- цикл чистовой обработки

G0 Z500 X200 M09

- выход в координату на ускоренном ходу

G20 HP=1

- выход в позицию смены инструмента

M51

- отмена фиксации головы А

T100

- поворот головы А в позицию смены

инструмента

M50

- фиксация головы А

NLAP2 G81

- имя подпрограммы продольного точения

G1 X169.625

- выход в координаты на рабочей подачи

Z-24.5

X169.7

Z-145.5

G80

- отмена действия цикла

NRTS RTS

- конец подпрограммы

OGRAF

- описание заготовки

DEF WORK

PS LC,[-146,0],[151,175]

PS LC,[-146,0],[151,50],0

END

CLEAR

DRAW

RTS

- конец описания заготовки

Панель управления станком

Панель управления ADMAC упрощает и ускоряет процесс от идеи к готовому продукту. Приложения ADMAC позволяют пользователю упростить процесс управления, документирования и визуализации сведений о технологическом процессе и о параметрах станка. ADMAC объединяет цех и вышестоящие структуры предприятия и создает основу для полностью оцифрованного производства без использования бумажных носителей.

OSP L200P визуализирует текущее состояние станка во время обработки, предоставляет важные контрольные цифры о текущем состоянии и информирует оператора при помощи специальных иконок и текстовых сообщений о возможных ошибках.

OSP L200P оптимизирует взаимодействие между человеком и станком. Основное преимущество системы - панель управления от OKUMA с диагональю 21,5 дюйма, с ЖК экраном и удобным и понятным пользовательским интерфейсом.

					ДП 44.03.04.565 ПЗ	Лист
						61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

### 3. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В экономической части ВКР (дипломного проекта) дается целенаправленное, системное, научное обоснование рациональности создания и внедрения новой технологии, конструкторского, технологического, научно-исследовательского решения на основе применения комплексного подхода. В связи с этим экономическая часть включает следующие разделы:

- техническое описание разрабатываемого мероприятия;
- маркетинговый анализ;
- описание социальной привлекательности;
- экономический расчет;
- заключение.

В техническом описании дается обобщенная характеристика базовой технологии, особенностей и целей разрабатываемого мероприятия, указываются объем и сложность работы, дается описание конечного результата, определяются варианты получения экономического эффекта (увеличение производительности, снижение затрат и т. д.), отражаются основные исходные данные, необходимые для дальнейших расчетов.

Маркетинговый анализ заключается в рассмотрении альтернативных вариантов достижения поставленной цели, разборе того, как решается заявленная проблема на других предприятиях на основе исследовательской информации, полученной из специальной литературы.

Описание социальной привлекательности включает оценку результатов мероприятия в социальном и культурном ракурсе: простоту применения, улучшение условий труда, востребованность мероприятия. Для характеристики социальной значимости внедрения и использования техники, применения новой технологии могут быть рассчитаны показатели, выражающие:

- изменение профессионального и квалификационного состава рабочей силы (удельный вес трудящихся разных профессий, разного уровня образования, средний разряд работающих и т. д.);
- повышение механизации и автоматизации труда (уровень механизации работ, степень автоматизации труда и т. д.);
- улучшение условий труда (энерговооруженность труда, загрязненность воздуха, степень освещенности рабочего помещения, вибрации, шума и т. д.) и др.

Экономический расчет в зависимости от характера разрабатываемого мероприятия и поставленной в квалификационной работе задачи проводится по различным схемам.

В заключении, вывод о проведенных расчетах и полученных результатах. Основные характеристики разрабатываемого мероприятия сводятся в таблицу технико-экономических показателей.

### 3.1 Технико-экономические расчеты

Порядок и содержание экономических расчетов в выпускной квалификационной работе зависят от направления и индивидуальной цели работы, которая определяется руководителем дипломного проекта. Экономическое обоснование технологического предложения дается на основе качественного и количественного анализа сравнительной экономичности вариантов.

Качественный анализ сравнительной экономической эффективности вариантов заключается в выявлении и сопоставлении их преимуществ и недостатков в области затрат труда, обусловленных применением выбираемых способов и средств. При этом характеристика вариантов осуществляется без расчета, на основе качественной оценки: «лучше - хуже», «больше - меньше», «дешевле - дороже» и т. д. Чтобы определить величину достигаемого экономического эффекта и сравнительной эффективности варианта техники, требуется произвести количественный анализ.

					ДП 44.03.04.565 ПЗ	Лист
						63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Количественный анализ сравнительной экономичности вариантов состоит в расчете и сопоставлении частных и общих экономических показателей.

Частные показатели отражают величину отдельных элементов затрат труда, обусловленных изготовлением продукции по рассматриваемым вариантам. К ним относятся показатели трудоемкости продукции, материалоемкости и др.

Общие экономические показатели характеризуют: затраты труда в целом на изготовление продукции по базовому и проектному вариантам; величину капитальных вложений в основные и оборотные средства; размер годового экономического эффекта в целом; эффективность капитальных вложений; области эффективного применения проектируемых средств и способов.

Экономический анализ сопоставляемых способов технологических процессов и технических средств состоит в установлении их преимуществ и недостатков в части экономии производственных ресурсов. Следует различать эффект и эффективность.

Эффект показывает, какой результат получает предприятие после реализации разрабатываемого технического мероприятия, направленного на повышение эффективности производства.

Эффективность характеризуется соотношением экономического эффекта, полученного в течение принятой единицы времени, и затрат, вызвавших этот эффект.

Эффективность различных видов затрат определяется при решении двух видов задач:

- во-первых, при выявлении и оценке использования отдельных видов затрат и ресурсов, экономической результативности производства;
- во-вторых, при экономическом обосновании лучших вариантов производственно-хозяйственных решений, внедрения новой техники, технологий, организации производства.



На уровне предприятия система показателей общей экономической эффективности включает показатели по видам используемых ресурсов и оценочные показатели.

К системе обобщающих показателей общей экономической эффективности относят показатели рентабельности производственных фондов, производство продукции на один рубль затрат, относительную экономию основных и оборотных фондов, а также показатели материальных и трудовых затрат и фонда оплаты труда.

Показателями общей экономической эффективности используемых ресурсов являются:

- показатели использования трудовых ресурсов (рост производительности труда, доля прироста продукции за счет роста производительности труда, экономия живого труда);
- показатели использования основных фондов, оборотных средств и капитальных вложений (фондоотдача, оборачиваемость оборотных средств, удельные капитальные вложения);
- показатели использования материальных ресурсов (материалоемкость и материалоотдача).

Назначение сравнительной экономической эффективности состоит в определении наиболее экономически выгодного варианта решения определенной хозяйственной задачи. Сравнительная экономическая эффективность определяется при разработке новой техники, при решении вопросов о производстве и применении взаимозаменяемых материалов, при разработке новых и совершенствовании действующих технологических процессов. При определении сравнительной экономической эффективности в качестве величины экономического эффекта принимается экономия, полученная от снижения себестоимости обработки детали, в качестве затрат - капитальные вложения, обусловившие эту экономию. Сравнительная экономическая

эффективность определяется при выборе одного из вариантов решения определенной хозяйственной задачи. Она характеризует преимущество одного варианта по отношению к другому.

Сравниваться могут как новый вариант технического решения с существующим, так и несколько новых вариантов между собой. В выпускных квалификационных работах технологической направленности, как правило, сравниваются новый и базовый варианты технологического процесса.

Технико-экономические расчеты при совершенствовании и разработке технологического процесса обработки детали, выявлении технологических резервов обработки детали

В экономической части ВКР выполняется расчет капитальных затрат и определяется экономическая эффективность разрабатываемого мероприятия. Сравнение двух вариантов технологического процесса осуществляется путем расчета себестоимости работ по каждому из вариантов и определения условно-годовой экономии. Сначала проводится расчет для отдельных операций, а затем затраты по рассматриваемым операциям суммируются. Полученная условно-годовая экономия сопоставляется с капитальными затратами.

Определение капитальных вложений

Размер капитальных вложений определяется по формуле:

$$K = K_{об} + K_{прс} + K_{лрг}, \quad (4)$$

где  $K_{об}$  - капитальные вложения в оборудование, р.;

$K_{щк}$  - капитальные вложения в приспособления, р.;

$K_{щг}$  - капитальные вложения в программное обеспечение, р.

В случае, если технологический процесс предполагает изменение метода получения заготовок и заготовки будут не закупаться, а изготавливаться на предприятии, необходимо учесть затраты на изготовление заготовок деталей.

Определение количества технологического оборудования. Количество технологического оборудования рассчитывают по формуле:

$$q = \frac{t * N_{год}}{F_{об} * k_{вн} * k_z * 60},$$

где  $t$  - штучно-калькуляционное время операции, мин;

$N_{год}$  - годовая программа выпуска деталей, шт.;

$F_{об}$  - действительный фонд времени работы оборудования, ч;

$K_{вн}$  - коэффициент выполнения норм времени (по данным предприятия 1,0; 1,2);

$k_z$  - коэффициент загрузки оборудования (по данным предприятия).

$$q = \frac{6,8 * 3000}{6746 * 1,2 * 0,85 * 60} = 0,05 \text{шт}$$

Действительный годовой фонд времени работы единицы оборудования рассчитывается следующим образом:

$$F_{об} = F_n \left(1 - \frac{k_p}{100}\right),$$

где  $F_n$  - номинальный фонд времени работы единицы оборудования, ч;

$k_p$  - потери номинального времени работы единицы оборудования на ремонтные работы, %.

при односменной работе составляет:

$$F_n = 247 \times 8 + 3 \times 7 = 1997 \text{ ч};$$

$$F_{об} = 1997 \left(1 - \frac{1,5}{100}\right) = 1967 \text{ ч}.$$

Номинальный фонд времени работы единицы оборудования определяется по производственному календарю на текущий год (365 дней в году за исключением праздничных и выходных дней) с учетом установленного режима работы (при односменном режиме- 8 ч, при двухсменном режиме- 16 ч).

Результаты вычислений заносятся в таблицу

Расчет количества оборудования в экономической части выполняется только в том случае, если это не было сделано в других разделах ВКР.

					ДП 44.03.04.565 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

Определение капитальных вложений в оборудование. Приобретать новое оборудование сегодня при наличии на предприятиях недозагруженных мощностей нецелесообразно. Лучший вариант - использование имеющегося на предприятии оборудования. Необходимо рассчитать коэффициент его загрузки и определить возможности использования для своих целей. Часто включение необходимого оборудования в технологическую цепочку для соблюдения основных принципов эффективной организации производства (например, прямоточности) требует затрат на его демонтаж в другом подразделении и монтаж на новом месте.

Определение капитальных вложений в приспособления (инструмент, оснастку). Затраты на приобретения или создание приспособлений, инструмента, оснастки относятся к капитальным вложениям только в том случае, если срок их полезного использования больше одного года либо стоимость превышает 10 тыс. р. В противном случае эти затраты относятся к годовым эксплуатационным издержкам.

Размер капитальных вложений в приспособления определяют по формуле

$$K_{прс} = \sum q_p * H_{прс} * Ц_{прс} * K_{осн},$$

где  $q_p$  - расчетное количество оборудования, шт.;

$H_{прс}$  - количество приспособлений на единицу оборудования, шт.;

$Ц_{прс}$  - стоимость приспособления, р.;

$K_{осн}$  - коэффициент занятости технологической оснастки при выполнении каждой операции обработки детали (отражает возможное отвлечение этой оснастки на обработку других деталей).

$$K_{прс} = 1 * 1 * 40000 * 1 = 40000 \text{ руб.}$$

При использовании специальной оснастки, рассчитанной на обработку только этих изделий, коэффициент  $K_{осн} = 1,0$ .

Стоимость приспособления - это стоимость приобретения с учетом транспортно-заготовительных расходов. Если приспособление уникально и изготовлено на предприятии, его стоимость определяется прямым расчетом затрат на проектирование и изготовление.

Стоимость программного обеспечения составляет  $K_{\text{прг}}=40$  тыс.р. (по данным предприятия).

Затраты на программное обеспечение. Затраты на программное обеспечение включаются в капитальные вложения в случае применения станков с ЧПУ.

Расчет технологической себестоимости детали

Текущие затраты на обработку детали рассчитываются только по тем статьям затрат, которые изменяются в сравниваемых вариантах.

В общем случае технологическая себестоимость складывается из следующих элементов:

$$C=Z_{\text{м}}+Z_{\text{п}}+Z_{\text{э}}+Z_{\text{об}}+Z_{\text{осн}}+Z_{\text{и}},$$

где  $Z_{\text{м}}$  - затраты на материалы (заготовку), р.;

$Z_{\text{п}}$  - затраты на заработную плату, р.;

$Z_{\text{э}}$  - затраты на технологическую электроэнергию, р.;

$Z_{\text{об}}$  - затраты на содержание и эксплуатацию оборудования, р.;  $Z_{\text{осн}}$  - затраты, связанные с эксплуатацией оснастки, р.;

$Z_{\text{и}}$  - затраты на малоценный инструмент, р.

Затраты на заработную плату основных и вспомогательных рабочих, участвующих в технологическом процессе обработки детали.

Затраты на материалы рассчитываются следующим образом:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{з}} + Z_{\text{р}}, \quad (30)$$

где  $Z_{\text{з}}$  - затраты на основные материалы для заготовки, р.;

$Z_{\text{р}}$  - затраты на заработную плату основных рабочих, изготавливающих заготовку, р.

Стоимость заготовки:

$$З_3 = (M_3 \times O_3 - M_{отх} \times O_{отх}) \times k_{тр},$$

где  $M_3$  - вес заготовки, кг;

$Q_3$  - цена за один килограмм материала заготовки, р.;

$M_{отх}$  - вес отходов, кг;

$Q_{отх}$  - цена за один килограмм отходов, р.;

$k_{тр}$  - коэффициент транспортно-заготовительных расходов;  $k_{тр} = 1,04\%$ ;

$$З_3 = 1,04 \times (6,3 \times 105 - 0,69 \times 10) = 680 \text{ руб.}$$

Так как, планируется закупать заготовки на другом предприятии, затраты на заработную плату основных рабочих, изготавливающих заготовку не предусматриваются.

Тогда затраты на материалы составляют:

$$З_м = 680 + 0 = 680 \text{ р.}$$

Затраты на заработную плату рассчитываются по формуле:

$$З_{зп} = З_{пр} + З_н + З_{эл} + З_к + З_{тр},$$

где  $З_{пр}$  - основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование производственных рабочих, р.;

$З_н$  - основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование наладчиков, р.;

$З_{эл}$  - основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование электронщиков, р.;

$З_к$  - основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование контролеров, р.;

$З_{тр}$  - основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование транспортных рабочих, р.

При сдельной оплате труда

$$З_{пр} = C_T \cdot t \cdot k_{мн} \cdot k_{доп} \cdot k_{есн} \cdot k_p,$$

где  $C_T$  - часовая тарифная ставка производственного рабочего на операции, р.;

$t$  - штучно-калькуляционное время на операцию, ч;

$k_{mn}$  - коэффициент, учитывающий многостаночное обслуживание ( $k_{mn} = 1$ ).

$$Z_{пр} = 185 \times (6,8/60) \times 1 \times 1,15 \times 1,26 \times 1,15 = 35 \text{ р./ч}$$

Если учесть, что за 1 час будет выпускаться 8 детали, то  $Z_{пр} = 280 \text{ р./ч}$

Численность станочников (операторов) вычисляется по формуле

$$Ч_{см} = \frac{t * N_{год} * k_{mn}}{F_p * 60},$$

где  $F_p$  - действительный годовой фонд времени работы одного рабочего, ч;

$k_{mn}$  - коэффициент, учитывающий многостаночное обслуживание;

$t$  - штучно-калькуляционное время операции, мин;

$N_{год}$  - годовая программа выпуска детали, шт.

$$Ч_{см} = \frac{6,8 * 3000 * 0,49}{1920 * 60} = 0,087 \text{ чел.}$$

Принимаемая численность рабочих, а также затраты на заработную плату производственных рабочих заносятся в таблицу 15.

Таблица 15 - Затраты на заработную плату станочников

Наименование операции	Часовая тарифная ставка, р.	Штучно-калькуляционное время, мин	Основной заработок, р/час.	Численность станочников, чел.
005 Комбинированная с ЧПУ	185	6,8	280	1
Итого			280	1

Оплата труда вспомогательных рабочих, как правило, осуществляется по повременной либо повременно-премиальной системе. Основная и до-

полнительная заработная плата вспомогательных рабочих (наладчиков, электронщиков) находится по формуле

$$Z_{всп} = \frac{C_T^{всп} * F_p * Ч_{всп} * k_{доп} * k_{есн} * k_p}{N_{год}},$$

где  $C_T^{всп}$  - часовая тарифная ставка рабочего соответствующей специальности и разряда, р.;

$F_p$  - действительный годовой фонд времени работы одного рабочего, ч;

$N_{год}$  - годовая программа выпуска деталей, шт.;

$Ч_{всп}$  - численность вспомогательных рабочих соответствующей специальности и разряда, чел.

$$Z_{всп} = \frac{80 * 1920 * 0,1 * 1,6 * 1,3 * 1,15}{3000} = 12,24 \text{ руб.}$$

Численность вспомогательных рабочих соответствующей специальности определяется следующим образом:

$$Ч_{всп} = \frac{q_p * n}{H},$$

где  $q_p$  - расчетное количество оборудования, шт.;  $n$  - число смен работы оборудования;

$H$  - число станков, обслуживаемых одним наладчиком и электронщиком.

Численность транспортных рабочих составляет 5% от числа станочников, численность контролеров - 7% от числа станочников.

Расчет числа наладчиков.

$$Ч_{всп} = \frac{1 * 1}{1} = 1 \text{ чел.,}$$

Данные о численности вспомогательных рабочих и заработной плате, приходящейся на одну деталь по каждому из вариантов, сводят в таблицу 16.



Таблица 16 - Затраты на заработную плату вспомогательных рабочих

Специальность рабочего	Часовая тарифная ставка, р.	Численность, чел.	Затраты на изготовление одной детали, р.
Наладчик	180	1	59,9
Контролер	90	1	29,9
Транспортировщик	110	1	36,6
Итого		3	126,4

Затраты на электроэнергию. Затраты на электроэнергию, расходуемую на выполнение одной детали операции, рассчитываются по формуле

$$Зэ = \frac{N * k_N * k_{вр} * k_{од} * k_{ц} * t}{\eta * k_{вн} * 60} Цэ,$$

где  $N_y$  - установленная мощность главного электродвигателя (по паспортным данным), кВт;

средний коэффициент загрузки электродвигателя по мощности (для металлообрабатывающих станков = 0,2 -г 0,4);

$K_{вр}$  - средний коэффициент загрузки электродвигателя по времени (для мелкосерийного производства - 0,4; крупносерийного и массового - 0,7);

$K_{од}$  - средний коэффициент одновременной работы всех электродвигателей станка (при одном двигателе  $K_{о.я} = 1$ );

$K_{ц}$  - коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в сети предприятия (1,04 1,08);

$\eta$  - коэффициент полезного действия оборудования (по паспорту оборудования);

$k_{вн}$  - коэффициент выполнения норм;

$Цэ$  - стоимость 1 кВт-ч электроэнергии, р.

$$Зэ = \frac{17 * 0,4 * 0,4 * 1 * 1,08 * 6,8}{0,8 * 1,2 * 60} * 2,13 = 0,35 \text{ руб.}$$

Таблица 17 - затраты на электроэнергию, проектный вариант

Модель станка	Установленная мощность, кВт	Штучно-калькуляционное время, мин	Затраты на электроэнергию, Р-
MacTurn 350W	17	6,8	0,35
Итого			

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования. Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования рассчитываются по формуле

$$Z_{об} = C_{ам} + C_{рем}, \quad (5)$$

где  $C_{ам}$  - амортизационные отчисления от стоимости технологического оборудования, р.;

$C_{рем}$  - затраты на ремонт технологического оборудования, р.

Амортизационные отчисления на каждый вид оборудования определяют следующим образом:

$$C_{ам} = \frac{C_{об} * N_{ам} * t}{F_{об} * k_3 * k_{вн} * 60},$$

где  $C_{об}$  - цена единицы оборудования, р.;

$N_{ам}$  - норма амортизационных отчислений;

$F_{об}$  - годовой действительный фонд времени работы оборудования, ч;

$k_3$  - нормативный коэффициент загрузки оборудования;

$k_t$  - коэффициент выполнения норм;

$t$  - штучно-калькуляционное время, мин.

$$C_{ам} = \frac{40000000 * 0,8 * 6,8}{6746 * 0,3 * 1,2 * 60} = 1493,34 \text{ руб.}$$

Начисление амортизации в отношении объекта амортизируемого имущества осуществляется в соответствии с нормой амортизации, определенной для данного объекта исходя из срока его полезного использования (СПИ). При применении линейного метода сумма амортизации в отношении объекта амортизируемого имущества рассчитывается как

произведение его первоначальной (восстановительной) стоимости и нормы амортизации, определенной для данного объекта исходя из срока полезного использования (1/СПИ). Срок полезного использования объекта

оговорен в технических условиях по эксплуатации объекта. Затраты на текущий ремонт оборудования можно определить путем укрупненного расчета по примерным нормам затрат на ремонт от стоимости оборудования.

Результаты расчетов затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования заносятся в таблицу.

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования по базовому варианту.

Таблица 18 - Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования по проектному варианту

Модель станка	Стоимость, тыс. р.	Кол, шт.	Норма амортизации	Штучно-калькуляционное время, мин.	Амортизационные отчисления, р.	Затраты на ремонт, р.
MacTurn 350W	40000	1	8%	6,8	1493,34	118,6

Подставляем значения в формулу 5:

$$Z_{об} = 1493,34 + 118,6 = 1611,94 \text{ руб.}$$

Затраты на эксплуатацию инструмента. Затраты на эксплуатацию инструмента вычисляют по формуле

$$Z_u = \frac{C_u + \beta * C_n}{T_{cm} * (\beta n + 1)} T_m * \eta_u,$$

где  $C_u$  - цена единицы инструмента, р.;

$\beta_{\text{п}}$  - число переточек;

$\text{Ц}_{\text{п}}$  - стоимость одной переточки, р.;

$T_{\text{ст}}$  - период стойкости инструмента, мин;

$T_{\text{м}}$  - машинное время, мин;

$\eta_{\text{и}}$  - коэффициент случайной убыли инструмента.

Определим затраты на эксплуатацию инструмента в проектируемой технологии.

Таблица 19 - Затраты на эксплуатацию сборного инструмента

Форма твердосплавной сменной пластины	Прямоугольная	Трехгранная T,W	Квадратная S	Круглая R
$Q$ - количество сменных поворотных пластин, используемых на 1 державке сборного инструмента в течение времени его эксплуатации	500	350	250	200

Определим затраты на эксплуатацию твердосплавной фрезы:

$$Z_{\text{эи}} = \frac{\text{Ц}_{\text{пл}} + \text{Ц}_{\text{корп}}/Q}{T_{\text{ст}} \times b_{\text{фи}} \times N} \cdot T_{\text{маш}} = \frac{2 \times 350 + 7500/250}{60 \times 0,9 \times 4} \cdot 4,3 = 3,4$$

Аналогичным образом рассчитаем затраты на остальной инструмент, используемый в проектируемом технологическом процессе с условиями автоматизированного производства. Результаты расчетов приведены в таблице 20.

Таблица 20 - Затраты на эксплуатацию инструмента в технологическом процессе с условиями автоматизированной обработки

Инструмент	Затраты, р.
Державка для СМП правая GARANT Art. No. 250016	2,2
Набор для прециз. растачивания MicroKom® hi.flex 6-125 мм KOMET Art. No. 238390– 2шт.	6,1
Расточная державка правая GARANT Art. No. 250036	2,5
Токарная державка UniTurn® KOMET Art. No. 240100	2,1
Свёрла высокопроизводительные твердосплавные Whistle-Notch HE TiN HOLEX Art. No. 122645	1,3
Свёрла высокопроизводительные твердосплавные Whistle-Notch HE TiN HOLEX Art. No. 122640	1,3
Концевая фреза HSS-Co8 GARANT Art. No. 191520	1,5
Концевая фреза HSS-Co8 GARANT Art. No. 191720	1,5
Итого	18,5

Затраты на эксплуатацию оснастки. Эти затраты определяются по формуле

$$Z_o = \frac{q_p + H_{прс} * Ц_{прс} * T}{T_{год} * 100} T_M * \eta_u,$$

$$Z_o = \frac{0,3 + 1 * 40000 * 15}{3000 * 100} 6,8 * 0,008 = 0,1$$

где  $q_p$  - расчетное количество оборудования, шт.;

$H_{прс}$  - количество приспособлений на единицу оборудования, шт.;

$Ц_{прс}$  - стоимость приспособлений, р.;

$L_{\text{ач}}^{\text{прс}}$  - норма амортизационных отчислений на приспособления, %  
(по сроку полезного использования);

$T_{\text{год}}$  - годовая программа выпуска деталей, шт.

Результаты расчетов технологической себестоимости годового объема выпуска детали по базовому и проектному вариантам сводятся в таблицы

#### Определение годовой экономии от изменении техпроцесса

Одним из основных показателей экономического эффекта от спроектированного варианта технологического процесса является годовая экономия, полученная в результате снижения себестоимости:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = C_{\text{пр}} * N_{\text{год}}, \quad (6)$$

где  $C_{\text{пр}}$  - технологическая себестоимость одной детали по базовому и проектируемому вариантам соответственно, р.;

$N_{\text{год}}$  - годовая программа выпуска деталей, шт.

#### Определение экономической эффективности капитальных вложений

Экономическая эффективность капитальных вложений определяется путем сравнения капитальных затрат и полученного годового эффекта. Если величина капитальных вложений меньше годового экономического эффекта, это означает, что окупаемость инвестиций происходит в течение одного года. Если величина капитальных вложений больше годового экономического эффекта, необходимо провести дальнейшие расчеты с учетом фактора времени.

Очевидно, что составляющие затрат и результатов инвестиционных проектов распределены на значительном отрезке времени, поэтому при прочих равных условиях неравноценны. Затраты, реализованные для получения одного и того же результата, израсходованные в более поздние сроки, предпочтительнее аналогичных затрат, израсходованных в более ранний период. Это объясняется, во-первых, экономическими потерями, обусловленными неиспользованием вложенных средств в альтернативных вариантах применения, а во-вторых, потерями вследствие инфляции. Поэтому при оценке

эффективности инвестиционных проектов соизмерение показателей разновременных затрат и результатов осуществляется приведением их к начальному или наперед заданному другому фиксированному моменту времени (точке приведения). Данная операция называется дисконтированием (от англ. discounting - уценка). В ее основе лежит норма дисконта, равная приемлемой для инвестора норме дохода на капитал. Сама величина нормы дисконта складывается из трех составляющих: темпа инфляции; минимальной реальной нормы прибыли; коэффициента, учитывающего степень риска.

Под минимальной нормой прибыли понимается наименьший гарантированный уровень доходности, сложившийся на рынке капиталов.

Основные показатели экономической эффективности инвестиционных проектов в сопоставимом виде:

- чистый дисконтированный доход (ЧДД)- определяется как разность между суммой приведенных эффектов и приведенной к тому же моменту времени величиной капитальных вложений:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=1}^T (R_t - Z_t) \frac{1}{(1 + E)^t} - R_0,$$

где  $R_t$  - результаты, достигаемые на  $t$ -м шаге расчета;

$Z_t$  - затраты, осуществляемые на том же шаге;

$T$  - горизонт расчета (равный номеру шага расчета, на котором производится ликвидация объекта),

$E$  - норма дисконта.

Если ЧДД инвестиционного проекта положителен, проект является эффективным (при данной норме дисконта), и может рассматриваться вопрос о его принятии. Чем больше ЧДД, тем эффективнее проект. Если инвестиционный проект будет осуществлен при отрицательном ЧДД, инвестор понесет убытки, т. е. проект неэффективен;

индекс доходности (ИД) - представляет собой отношение суммы приведенных эффектов к величине капиталовложений:

$$ИД = \sum_{t=1}^T (R_t - Z_t) \frac{1}{(1 + E)^t} / K ,$$

Если ЧДД > 0, то ИД > 1 - проект эффективен;

срок окупаемости - минимальный временной интервал от начала осуществления проекта, за пределами которого интегральный эффект становится и в дальнейшем неотрицательным. Иными словами, это период, начиная с которого первоначальные вложения и другие затраты, связанные с инвестиционным проектом, покрываются суммарными результатами его осуществления. Расчет срока окупаемости капитальных вложений рекомендуется провести в таблице 22.

Ни один из перечисленных критериев сам по себе не является достаточным для принятия проекта. Решение об инвестировании средств в проект должно приниматься с учетом значений всех перечисленных критериев и интересов всех участников инвестиционного проекта. Важную роль в этом решении должны играть источники финансирования, структура и распределение капитала во времени.

#### Анализ уровня технологии производства

Анализ уровня технологии производства является составной частью анализа организационно-технического уровня производства. Он может проводиться в дипломных проектах по совершенствованию технологического процесса обработки детали в полном объеме либо по отдельным показателям в соответствии с поставленными руководителем задачами.

К показателям уровня технологии производства относятся:

структура технологического оборудования;

доля прогрессивного оборудования;

средний возраст технологического оборудования;



уровень оснащённости технологического процесса и др.

Структура технологического оборудования.

Удельный вес каждой

операции может быть определен следующим образом:

$$Y_{on} = \frac{T^e}{T} * 100 ,$$

где  $T^e$  - штучно-калькуляционное время на каждой операции, мин;

$T$  - суммарное штучно-калькуляционное время обработки детали.

Расчет может проводиться и по машинному времени.

$$Y_{on} = \frac{0,78}{6,8} * 100 = 11,47$$

Определение экономических показателей разрабатываемого мероприятия

В случае, когда в дипломном проекте не ставится задача оценки существующего и предлагаемого уровня технологии обработки деталей, достаточно рассчитать несколько обобщающих коэффициентов, характеризующих технико-экономический эффект от внедрения предлагаемой технологии. К таким показателям относятся:

- уровень механизации труда на программных операциях:

$$K_{мех} = \frac{T_0 - T_{всп}}{t} * 100\% ,$$

$$K_{мех} = \frac{4,3 - 0,5}{70} * 100\% = 5,43$$

где  $K_{мех}$  - коэффициент механизации на операции, %;

$T_0$  - основное (машинное) время обработки детали на программных операциях, мин;

$T_{всп}$  - вспомогательное время механизированных приемов, мин;

$t$  - штучно-калькуляционное время, мин;

Технико-экономические расчеты при проектировании участка обработки деталей

В экономической части ВКР рассчитываются: капитальные вложения, необходимые для введения участка в действие; балансовая стоимость основных фондов и величина годовых амортизационных отчислений; показатели по труду и заработной плате участка; затраты на основные материалы; технологическая себестоимость изготавливаемой (обрабатываемой) детали. При необходимости могут быть определены прочие цеховые расходы, общезаводские и непроизводственные расходы.

Если при проектировании участка в основной части работы сравниваются проектируемый и базовый технологические процессы, в экономической части либо рассчитываются оба варианта процесса, либо по базовому варианту приводятся фактические данные со ссылкой на источник. Также рекомендуется провести анализ уровня технологии производства на участке (см. п. 2.1.5).

Исходной информацией для экономических расчетов проектируемого участка являются:

трудоемкость операций технологического процесса;  
количество технологического оборудования.

Трудоемкость операций технологического процесса, осуществляемого на проектируемом участке. Информация о трудоемкости проектируемого технологического процесса из основной части ВКР заносится в таблицу 21.

Таблица 21 - Характеристика проектируемого технологического процесса

Наименование операции	Оборудование	Трудоемкость детали операции, мин.
005 Комбинированная с ЧПУ	MacTurn 350W	6,8

Коэффициент фактической загрузки каждого типа оборудования рассчитывается следующим образом:

$$K_3^{\phi} = \frac{q_p}{q_{np}}$$

$$K_3^{\phi} = \frac{0,3}{1} = 0,3$$

где  $q_v$  расчетное количество оборудования данного типа, ед.;

$d_{из}$  - принятое количество оборудования данного типа, ед

Таблица 22 - Технологическая себестоимость изделия

Проектный	
Показатели затрат	Сумма, руб
Затраты на материалы	680
Затраты на электроэнергию	0,35
Заработная плата основных рабочих	35,00
Единый социальный налог.	8,89
Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	1611,94
Расходы на содержание и эксплуатацию оснастки	9,60
Расходы на инструмент	18,5
Заработная плата вспомогательных рабочих	126,4
Итого	2490,68

Таблица 23 - Показатели проектного варианта

Наименование показателя	Проектируемый вариант
Годовой выпуск деталей, шт	3000
Количество оборудования, шт	1
Количество станочников, чел	1
Трудоемкость изготовления одного изделия, мин.	6,8
Капитальные вложения, р.	4020000
Технологическая себестоимость обработки детали, р.	2490,68
Доля прогрессивного оборудования, %	100
Рост производительности труда %	200

Вывод: в результате произведенных расчетов технологическая себестоимость детали «Поршень» составила 2490,68 руб. на одну готовую деталь, а годовая себестоимость, формула 6:

$$2490,68 \cdot 3000 = 7472040 \text{ руб.}$$

При переходе на такой технологический процесс механической обработки детали, предприятию необходимо учесть все возможные затраты:

1) Затраты на выбор высокопроизводительного инструмента, в соответствии с оборудованием. Данные затраты могут быть связаны с приобретением сервисного обслуживания.

2) Затраты на переобучение персонала для работы с новым оборудованием.

Построение технологического процесса при ведении обработки на станках с ЧПУ имеет меньшую себестоимость обработки детали и более короткий производственный цикл по сравнению с вариантом, условиями которого является применение универсального оборудования. Следовательно, спроектированный технологический процесс является

более эффективным по сравнению с технологическим процессом, построенным на использовании универсальных станков, и является более конкурентоспособным по сравнению с ним.

					ДП 44.03.04.565 ПЗ	Лист
						85
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 4. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 4.1. Разработка методического обеспечения проведения урока теоретического обучения по дисциплине «Инструментальное обеспечение автоматизированного производства» для операторов станков с программным управлением

В дипломном проекте разработан новый технологический процесс обработки детали «Поршень». Деталь обрабатывается на токарно-фрезерном обрабатывающем центре с ЧПУ MACTURN-350W.

Станки с ЧПУ являются новейшим оборудованием современного автоматизированного производства. Применение станков с ЧПУ дает значительный экономический эффект и характеризуется увеличением производительности в 3 - 8 раз; заменой от трех до восьми универсальных станков; уменьшением времени обработки резанием до 50 - 80% общего машинного времени против 10 - 25% у большинства универсальных станков; сокращением сроков подготовки производства и технологической оснастки при смене изделия; снижением брака и возможностью многостаночного обслуживания из-за простоты и малого времени переналадки, концентрации переходов обработки на одном станке.

Поэтому изучение и освоение принципов применения модульных инструментальных систем позволит студентам получить знания о наиболее современном и перспективном режущем инструменте и ознакомиться с новыми технологическими процессами.

Для эффективного использования станков с ЧПУ необходимо, чтобы обслуживающий персонал (наладчики, операторы) обладал глубокими знаниями о режущем инструменте и мог решать сложные производственные задачи. Такие квалифицированные кадры готовят профессионально-технические училища и колледжи.

В методической части дипломного проекта разработана методика проведения урока теоретического обучения для подготовки рабочих по профессии «Оператор станков с программным управлением (ПУ)» 2-го разряда. Обучение проходит в многопрофильном техникуме. Рассматриваемая тема «Модульные инструментальные системы».

Выбор темы была обоснован тем, что достижение эффективности процесса обработки происходит при повышении производительности станка, улучшения качества инструмента и правильном подборе режимов резания.

Для обучения и получения знаний, необходимых операторам станков с ПУ, разработаем комбинированный урок по выбранной теме, в которую включен блок «Обрабатывающие центры с ЧПУ».

Урок - ведущая организационная форма обучения. Взаимосвязь структурных компонентов обучения (цель, принципы, содержание, методы, формы) происходит благодаря деятельности преподавателя и учащихся.

Вид учебного заведения: Многопрофильный техникум

Профессия: оператор станков с ЧПУ

Уровень квалификации: 2-ой

Срок обучения: 1 год

Анализ нормативно-правовой документации

Для подготовки операторов станков с ЧПУ была выбрана дисциплина «Инструментальное обеспечение автоматизированного производства».

Целью преподавания дисциплины «Инструментальное обеспечение автоматизированного производства» является формирование у студентов знаний о принципах наладки станка с ЧПУ, методах настройки инструмента на размер, а также о технологических возможностях применения сборного режущего инструмента.

					ДП 44.03.04.565 ПЗ	Лист
						87
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 24 - Учебный план для подготовки в многопрофильных техникумах квалифицированных рабочих по профессии «оператор с ЧПУ» из выпускников средней образовательной школы

Предметы	Распределение экзаменов по	Количество часов Из них					Количество часов в неделю		
		всего	Лабораторно-практические	Обучение в учебных мастерских	Обучение в условиях производственной практики	Полугодие			
						I	II		
						Количество недель			
						17	10	14	
Профессионально-технический цикл									
Производственное обучение	II	880		-	-	324	12	18	36
Специальная технология	II	145	10	-	-	-	5	6	-
Материаловедение	-	34	4	-	-	-	2	-	-
Допуски и технические измерения	-	37	6	-	-	-	1	2	-
Техническое черчение	-	64	-	-	-	-	4	-	-
Электротехника	-	34	4	-	-	-	2	-	-
Основы информатики и вычислительной техники	-	34	16	-	-	-	2	-	-
Основы экономических знаний	-	30	-	-	-	-	-	3	-
Обществоведение	II	71	-	-	-	-	3	2	-
Начальная военная подготовка		85	-	-	-	-	3	3	-
Инструментальное обеспечение автоматизированного производства	II	145	-	-	-	-	5	6	-
Физическая культура	II	54	-	-	-	-	2	2	-
Итого	-	1675	-	-	-	-	36	36	36
Консультации	-	50	-	-	-	-	-	-	-
Экзамены	-	12	-	-	-	-	-	-	-
Всего	-	1737	-	-	-	-	-	-	-



## Квалификационная характеристика

Оператор станков с программным управлением 2-го разряда должен знать:

- 1) принцип работы обслуживаемых станков с программным управлением;
- 2) правила управления обслуживаемого оборудования;
- 3) наименование, назначение, устройства распространенных приспособлений, режущего, контрольно-измерительных инструментов;
- 4) периодичность заточки режущего инструмента;
- 5) наименование и основные механические свойства обрабатываемых материалов;
- 6) основы гидравлики, механики и электротехники в пределах выполняемой работы;
- 7) охрану труда, электробезопасность и пожарная безопасность на рабочем месте;
- 8) назначение условных знаков на панели управления станком;
- 9) правила установки перфолент в считывающее устройство;
- 10) способы возврата программа-носителя к первому кадру;
- 11) систему допусков и посадок, квалитеты и параметры шероховатости;
- 12) назначение и свойства охлаждающих и смазывающих жидкостей;
- 13) правила чтения чертежей обрабатываемых деталей.

Оператор станков с программным управлением 2-го разряда должен уметь:

- 1) вести с пульта управления процесс обработки простых деталей по 12 - 14-му квалитетам на налаженных станках с программным управлением с одним видом обработки;
- 2) устанавливать приспособление с выверкой исходных точек согласно технологическому процессу;
- 3) устанавливать и снимать детали после обработки;

					ДП 44.03.04.565 ПЗ	Лист
						89
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4) наблюдать за работой систем обслуживаемых станков по показаниям цифровых табло и сигнальных ламп;

5) проверять качество обработки деталей контрольно-измерительным инструментом и визуально,

6) производить наладку отдельных простых и средней сложности узлов и механизмов под руководством оператора более высокой квалификации.

#### Тематический план дисциплины

По тематическому плану на дисциплину отводится 145 часов, изучается в два семестра. Дисциплина «Инструментальное обеспечение автоматизированного производства» является основой для изучения теоретических основ профессиональной деятельности и практических занятий.

Таблица 25 - Тематический план изучения дисциплины «Программирование и обслуживание операций на станках с ЧПУ» по очной форме обучения

Недели	№ темы	Тема	Кол-во часов
1	2	3	4
1	1	Введение	1
2	2	Гигиена труда, производственная санитария и профилактика травматизма	2
3	3	Охрана труда, электробезопасность и пожарная безопасность на предприятии	4
4-5	4	Сведения о механизмах, машинах и деталях машин. Сборочные работы	10
6-7	5	Общие сведения об обработке металлов резанием и режущий инструмент	20
8-10	6	Токарные станки и работы, выполняемые на них	12
11-12	7	Фрезерные станки и работы выполняемые на них	12
13-14	8	Сверлильные и расточные работы, применяемое оборудование	12

Окончание таблицы 25 - Тематический план изучения дисциплины

«Программирование и обслуживание операций на станках с ЧПУ» по очной форме обучения

1	2	3	4
15-17	9	Шлифовальные станки и работы, выполняемые на них	12
		Итого за I полугодие	85
1	1	Металлорежущие станки с программным управлением: Общие сведения о станках с ЧПУ (фрезерной группы, токарной группы, сверлильно-расточные станки с ЧПУ)	4
2-3	2	Основные понятия о программировании станков с ЧПУ: 1. Системы ЧПУ 2. Языки для программирования обработки 3. Устройство пульта управления станком	10
4	3	Основные понятия о применении сборного режущего инструмента «Модульные инструментальные системы»	10
5-6	4	Наладка станка с ЧПУ	20
7-8	5	Методы настройки инструмента на размер	14
9	6	Оборудование рабочего места оператора станков с ЧПУ, обслуживание и подналадка станков с программным управлением	6
10	7	Комплексный станок с ЧПУ	2
		Итого за II полугодие	60
		Итого за учебный год	145

На тему «Модульные инструментальные системы» отведено 10 академических часов.

Разбивка темы на уроки.

Урок 1. Системы ЧПУ - 4 часа

Урок 2. Языки для программирования обработки - 2 часа

Урок 3. Основные понятия о системах инструмента - 4 часа

3.1 Сборные режущие инструменты.

3.2 Модульные инструментальные системы.

3.3 Способы настройки инструмента на размер.

Выбираем тему для урока «Модульные инструментальные системы»

Разработка методики и методическое обеспечение темы

Учебное заведение: Многопрофильный техникум

Профессия: оператор станков с ЧПУ

Уровень квалификации: 2-ой

Срок обучения: 1 год

Дисциплина: «Инструментальное обеспечение автоматизированного производства»

Тема урока: «Модульные инструментальные системы»

Цели урока:

Обучающая: дать учащимся понятие об устройстве сборных режущих и вспомогательных инструментах.

Воспитательная: воспитать у учащихся самостоятельность и внимательность.

Развивающая: развивать техническое мышление у учащихся.

Организационная форма обучения: урок усвоения и закрепления новых знаний

Метод обучения: объяснительно-иллюстративный

Методы обучения: лекция, объяснение, рассказ, устный опрос.

Тип урока: урок получения и закрепления новых знаний.

Средства обучения: проектор, слайды, пульт управления (консоль), раздаточный материал.

Время, отведенное на урок: 3 академических часа. Модель деятельности преподавателя и учащихся на уроке представлена в таблице 26.

					ДП 44.03.04.565 ПЗ	Лист
						92
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 26 - Модель деятельности преподавателя и учащихся на уроке

№ этапа	Наименование этапа урока	Деятельность преподавателя	Время этапа урока (мин)	Деятельность учащихся
1	2	3	4	5
1	Организационная часть	- приветствие - проверка присутствующих и внешнего вида учащихся.	3	Приветствуют преподавателя. Участвуют в переключке
2	Актуализация опорных знаний	Задаёт вопросы по предыдущему материалу: 1. Перечислите методы обработки? 2. Назовите типы металлорежущего оборудования? 3. Какой инструмент применяется при обработке на станках	10	Отвечают устно на вопросы, дополняют ответы друг друга.
3	Этап мотивации	Сообщает тему, цели урока и ход урока. Мотивирует учащихся для дальнейшей работы (получить дополнительные баллы для рейтинговой системы оценки знаний)	5	Слушают, записывают тему урока в тетрадь.

Окончание таблицы 26 - Модель деятельности преподавателя и учащихся на уроке

1	2	3	4	5
4	Объяснение нового учебного материала	Преподаватель рассказывает новый материал. В ходе объяснения нового материала использует слайды (приложение ). Выдает раздаточный материал (приложение ) и контролирует работу учащихся по нему.	60	Слушают, записывают наиболее значимые моменты под диктовку преподавателя. Смотрят слайды, по слайду № заполняют раздаточный материал.
5	Закрепление новых знаний	Проводит фронтальный опрос. Задает вопросы. Оценивает ответы, если нужно, поправляет учащихся, задает наводящие вопросы. Показывает консоль и объясняет принцип работы с ней.	90	Отвечают устно на вопросы, дополняют друг друга. Работают с консолью.
6	Подведение итогов	Обобщает новый учебный материал. Благодарит за внимание, сообщает об окончании урока	10	Слушают
7	Домашнее задание	Повторить пройденный материал,	2	Записывают в тетрадь.

## Структура учебного занятия

### «Модульные инструментальные системы»

#### 1. Организационный момент

Преподаватель приветствует учеников. Проверяет присутствующих по списку.

#### 2. Актуализация опорных знаний

Актуализация знаний проводится в виде устного опроса.

Преподаватель: «Ответьте, пожалуйста, на вопросы:

1. Перечислите методы обработки?
2. Назовите типы металлорежущего оборудования?
3. Какой инструмент применяется при обработке на станках?»

Учащиеся: отвечают на вопросы, дополняют ответы друг друга.

#### 3. Этап мотивации

Преподаватель: «Тема нашего сегодняшнего урока «Модульные инструментальные системы»». Цели урока: дать учащимся понятие об сборных режущих и вспомогательных инструментах, о способах настройки инструмента на станке.

Проговаривает ход урока: «Изучение нового материала и закрепление его: устный опрос и работа с консолью».

Мотивирует учащихся для дальнейшей работы (получить дополнительные баллы для рейтинговой системы оценки знаний)

#### 4. Изложение нового материала

Рассматривается модульную быстросменную инструментальную оснастку, реализующую три системы в одной на базе системы HSK-63:

- Быстросменные держатели для токарных центров снижают время наладки и смены инструмента, обеспечивая значительный рост коэффициента использования станка

- Соединение расточной системы, непосредственно интегрированное в шпиндель, увеличивает стабильность и универсальность, например, в многоцелевых станках, обрабатывающих центрах с возможностью растачивания, а также в токарно-карусельных станках.

- Расточная система является модульной для обрабатывающих центров и предлагает большое разнообразие удлинителей и переходников на меньший размер соединения, позволяющих осуществлять установку инструментов различной длины и конструкции независимо от используемого интерфейса станка (SK, HSK, BigPlus). Модульная система снижает потребность в дорогостоящих специальных инструментах с длительными сроками поставки [5].

Таким образом, одни и те же инструменты могут использоваться во всех цехах, обеспечивает уникальную гибкость, оптимальную жесткость и минимальную номенклатуру требуемого инструмента.

#### Преимущества

- Гибкость при широкой модульности
- Высокая стабильность и точность
- Минимальная номенклатура инструмента
- Сокращенное время наладки

#### Технические особенности

- Передача большого крутящего момента
- Высокая прочность на изгиб
- Быстрая и автоматизированная смена инструмента
- Новая технология подачи СОЖ через фиксированные сопла для обеспечения надежности процесса обработки даже при низких давлениях СОЖ
- Внутренняя подача СОЖ под высоким давлением, от станка до режущей кромки
- Сбалансированность и соосность

					ДП 44.03.04.565 ПЗ	Лист
						96
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



- Самоцентрирование

Область применения

Расточные системы, различных производителей, применяется на всех типах станков:

- Токарный обрабатывающий центр — быстрая смена и подача СОЖ под высоким давлением.

- Многоцелевые станки и обрабатывающие центры — адаптеры для вращающегося инструмента и модульная инструментальная оснастка.

- При изменении производства и обработке деталей различных размеров, когда приходится применять инструменты с различными вылетами.

- При мелко- и среднесерийном производстве на токарных центрах

- При обработке на многоцелевых станках с токарным и вращающимся инструментом

- При необходимости оснастить несколько станков с различными типами и размерами шпинделя. Достаточно одной системы для осуществления разнообразных операций на токарных станках и обрабатывающих центрах

- Когда из-за сложной конфигурации детали требуется много специального инструмента

- Когда нужно сократить номенклатуру инструмента

Быстросменные инструментальные блоки оптимизируют коэффициент использования станка за счет существенного снижения как времени наладки, так и времени на смену инструмента.

Способ установки инструмента в зависимости от его применения может использовать различные варианты установки.

После завершения работы с раздаточным материалом переходим к изучению способов ввода информации.

					ДП 44.03.04.565 ПЗ	Лист
						97
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

По сравнению с другими модульными системами для быстрой смены инструмента, дизайн приводного прецизионного инструмента с HSK-63 имеет преимущества.

Зажимной механизм интегрирован в полость шпинделя приводного инструмента, что позволяет подшипникам шпинделя располагаться прямо за фронтальной опорной поверхностью.

Не существует другой системы быстрой смены инструмента с расположением зажимного механизма внутри шпинделя для приводных прецизионных блоков.

Приводной инструмент с HSK-63 имеет следующие преимущества:

- повышенная стабильность и жесткость системы, особенно при фрезеровании
- повышенные режимы резания и лучшее качество обработки поверхности
- более длительный срок службы режущего инструмента

Закрепление инструмента в посадочном гнезде производится посредством эксцентрической кулачковой шайбы, при этом для закрепления инструмента достаточно повернуть ключ на 90°.

Запишем в тетради основные понятия о модульных системах режущего инструмента.

Переходим к способам настройки инструмента на размер.

Способы настройки инструмента на размер

Общие положения. Настройка инструментов на размер вне станка рациональна в условиях применения быстросменного и взаимозаменяемого однотипного инструмента. Точность настройки зависит от конструкции применяемых приспособлений, способа базирования инструмента в приспособлении, способа поджима инструмента к базовым поверхностям приспособления, погрешности перебазирования при переустановке

					ДП 44.03.04.565 ПЗ	Лист
						98
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

инструмента, формы поверхности, контактирующей с режущими кромками (вершинами) инструмента при настройке, формы обработанной поверхности, средств контроля, места настройки, квалификации наладчика.

Для настройки инструмента на размер вне станка применяются специальные приспособления. Жесткие измерительные устройства типа скоб обеспечивают точность настройки не выше 0,3 мм, приспособления флажкового типа с жесткой фиксацией длины инструмента — 0,15...0,2 мм, индикаторные приспособления позволяют настраивать инструмент с точностью 0,015...0,03 мм. Индикаторы следует применять при точности настройки инструмента выше 0,1 мм. Все приспособления с подвижными упорами (индикаторные и бесшкальные универсальные приборы) имеют эталоны для юстировки. В приспособлениях для компенсации износа упоры целесообразно изготавливать регулируемые. Для свободного извлечения настроенного инструмента из приспособления без перемещения режущих кромок по упору следует использовать отводные, откидные или поворотные упоры, которые обеспечивают строго определенное положение инструмента во время настройки.

К приспособлениям для настройки режущего инструмента предъявляются следующие требования:

1) базовые поверхности для крепления инструмента в приспособлениях должны быть одинаковыми с базовыми поверхностями на станке;

2) форма поверхности, контактирующей с режущими кромками инструмента при настройке, по возможности должна соответствовать форме поверхности детали, обработанной данным инструментом;

3) усилие, действующее на режущие кромки инструмента, не должно быть более 2 Н, так как в противном случае возможно выкрашивание кромок. Следует избегать непосредственного контакта измерительного наконечника индикатора часового типа с режущими кромками;

4) приспособления для настройки инструмента должны обеспечивать требуемую точность настройки, быть простыми и удобными в эксплуатации.

Настройка инструмента на размер вне станка рациональна в следующих случаях:

- применение в наладках быстросменного и взаимозаменяемого инструмента, обеспечивающего требуемую точность обработки;
- использование большого количества однотипных инструментов для сокращения вспомогательного времени на их замену и подналадку;
- автоматическая замена и автоматическая подналадка инструментов;
- большая загрузка наладчика, занятого непосредственно в основном производстве [18].

Оптический прибор БВ-2015 предназначен для настройки инструментов к сверлильным, фрезерным, расточным и многооперационным станкам. Стойка 4 прибора имеет вертикальные направляющие для продольного перемещения каретки 5, на каретке в горизонтальных направляющих в поперечном направлении перемещается траверса 7, несущая на конце визирный микроскоп 6. Шпиндель 3 смонтирован в подшипниках, и его можно поворачивать рукой. В верхней части шпинделя имеется коническое отверстие для установки переходной оправки, несущей режущий инструмент, закрепляемый рукояткой 6. Координатные расстояния вершины режущей кромки устанавливаются по отчетным микроскопам 8 и 9, за инструментом наладчик наблюдает в микроскоп 6, Маховички 1 и 10 необходимы для продольного и поперечного перемещений.

					ДП 44.03.04.565 ПЗ	Лист
						00
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



соприкосновения с соответствующими поверхностями эталона. Процесс настройки заканчивается закреплением инструмента и последующим отводом суппортов в исходные положения.

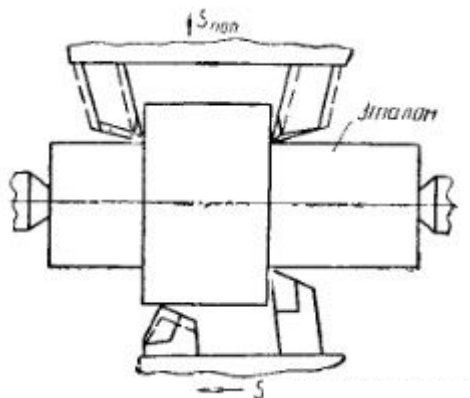


Рисунок 15 - Настройка станка по эталону

В процессе установки инструментов по установкам и эталонам сила резания отсутствует и не деформирует систему деталь — станок — инструмент. Настройка, осуществляющаяся при этом условии, получила название статической. При обработке сила резания деформирует систему, изменяя относительное положение инструментов и детали. Поэтому размеры эталонов должны быть подобраны таким образом, чтобы после отжатий, возникающих под действием силы резания, настроенные размеры были равными или близкими к оптимальным их значениям.

В литературе иногда рекомендуют принимать размеры эталонов равными средним арифметическим от максимальных и минимальных размеров, определяющих величину допуска на обработку. Однако величина отжатия зависит от режимов резания, жесткости системы, состояния станка, которые могут изменяться в широких пределах, и от других причин. Поэтому такое мнение для подавляющего большинства случаев настройки по эталонам следует считать ошибочным [5].

Размеры эталонов можно определить, пользуясь или специальной методикой расчета, или опытными данными о фактических размерах деталей,

обработанных после настройки. Последний способ определения размеров эталонов обладает рядом преимуществ и является более приемлемым.

#### 5. Закрепление новых знаний

«Проведём фронтальный опрос, пожалуйста, ответьте на вопросы.

1. Назовите способы настройки инструмента на размер?
2. Расскажите, пользуясь раздаточным материалом, об устройстве блока для приводного инструмента?

#### 3. Что такое модульная система инструмента?»

Учащиеся отвечают на вопросы и дополняют ответы друг друга.

Преподаватель оценивает ответы, если нужно, поправляет учащихся, задает наводящие вопросы. Показывает консоль и объясняет принцип работы с ней. Учащиеся пробуют ввести информацию под руководством преподавателя.

#### 6. Подведение итогов

Преподаватель задает домашнее задание: повторить пройденный материал по записям в тетради и с помощью раздаточного материала.

Учащиеся записывают домашнее задание.

Преподаватель благодарит учащихся за внимание.

В методической части дипломного проекта была проанализирована рабочая программа для оператора станков с программным управлением 2-го разряда, разработана методика проведения урока теоретического обучения. Занятие разработано для учащихся, обучающихся в многопрофильном техникуме по профессии оператор станков с ЧПУ 2-го разряда, сроком обучения 1 год.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дипломном проекте решена проблема выпуска детали «Поршень» посредством внедрения прогрессивного оборудования с числовым программным управлением и высокопроизводительного режущего инструмента импортного производства.

Посредством проекта изготовления детали «Поршень» получен маршрут «Заготовка-деталь» с применением одной единицы оборудования и относительно небольшим реестром высокопроизводительного, долговечного режущего инструмента. Схема базирования предполагает обработку детали и выполнение всех технических требований за счёт осуществления принципа постоянства баз.

Ряд принятых решений, реализованных в технологическом процессе, показал высокую экономическую эффективность за счет применения многооперационного станка с ЧПУ, специализированного приспособления. Изложенные теоретические наработки подтверждены расчетами, а также разработана методика подготовки операторов для работы на станках с программным управлением.

					ДП 44.03.04.565 ПЗ	Лист
						104
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ананьев С.Л., Технологичность конструкций, / Ананьев С.Л., Купрович В.П., // М., Машиностроение, 2013 г.
2. Ансеров М.А., Приспособления для металлорежущих станков, / Ансеров М.А //М., Машиностроение, 2011 г.
3. Безъязычный В.Ф. Основы технологии машиностроения [Электронный ресурс]: учебник для вузов. - М.: Машиностроение, 2013. – 598с.(Режимдоступа:[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=37005](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=37005))
4. Бородина Н.В., Дипломное проектирование: учебное пособие, /Бородина Н.В., Бушков Г.Ф//Екатеринбург, РГППУ, 2011 г.
5. Бурцева Л.П. Методика профессионального обучения [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / Л. П. Бурцева. - 3-е изд., стер. - Электрон. текстовые дан. - Москва : Флинта, 2016. - 156, [1] с. : табл. - (Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/74589/#1>)
6. Гелин Ф.Д. Металлические материалы справ. – Мн.: Высш. шк., 1987. – 368с.
7. ГОСТ3.1129-93 «ЕСТД. Общие правила записи информации в технологических документах на технологические процессы и операции», М., Издательство стандартов, 1993 г.
8. ГОСТ 14.311-75 «Правила разработки рабочих технологических процессов», М., Издательство стандартов, 1975 г.
9. ГОСТ 1583-89 «Сплавы алюминиевые литейные. Технические условия», Минск, издательство стандартов, 1989 г.
10. ГОСТ 3882-74 «Сплавы твердые спеченные. Марки», М., издательство стандартов, 1976 г.
11. ГОСТ 21495-76 «Базирование и базы в машиностроении», М., издательство стандартов, 1976 г.

					ДП 44.03.04.565 ПЗ	Лист
						05
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

12. ГОСТ 3.1109-73 «Процессы технологические. Основные термины и определения», М., издательство стандартов, 1974г.
13. Ильянов А.И. Технология машиностроения / Ильянов А.И., Новиков В.Ю./, Издательство «Академия» г. Москва. 2012г.
14. Каталог металлорежущего инструмента «HOFFMANN GROUP» (URL: <https://www.hoffmann-group.com>)
15. Козлова Т.А., Курсовое проектирование: Учебное пособие, /Козлова Т.А//Екатеринбург, РГППУ, 2012 г.
16. Косилова А.Г Справочник технолога машиностроителя под редакцией /Косиловой А.Г., Мещерякова Р.К.// Том1 Издательство «Машиностроение» 1985г.
17. Косилова А.Г Справочник технолога машиностроителя под редакцией /Косиловой А.Г., Мещерякова Р.К.// Том2 Издательство «Машиностроение» 1985г.
18. Кузнецов Ю.И., Маслов А.Р., Байков А.Н. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник. – 2-е издание – М.: Машиностроение, 1990.
19. Маталин А.А. Технология машиностроения. , М. 1986г.
20. Технология машиностроения /под ред. Мурашкин, С.Л., Жуков, Э.Л., Козарь И.И.//, Издательство «Высшая школа» 2003г.
21. Нормирование механической обработки: учебное пособие/Т. А. Козлова, Т. В. Шестакова. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2013.137с.
22. Обработка металлов резанием. Справочник технолога. Под ред. Г.А. Монахова. - М.: Машиностроение, 2011.
23. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного обслуживания рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. – М.: Машиностроение, 1974 г.

					ДП 44.03.04.565 ПЗ	Лист
						06
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

24. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания на работы, выполняемые на металлорежущих станках с ЧПУ – ЦБПНТ при НИИ труда. М.: Машиностроение. 1980.

25. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного на работы, выполняемые на металлорежущих станках. Среднесерийное и крупносерийное производство. – М.: Изд-во НИИ труда, 1984 г.

26. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. ч.1. – М.: Машиностроение, 1974 г.

27. Режимы резания металлов. Справочник. Ред. Ю.В. Барановский. М.: Машиностроение, - 1972.

28. Технология машиностроения. Беспалов Б.Л. и др., М.: Машиностроение, - 1973.

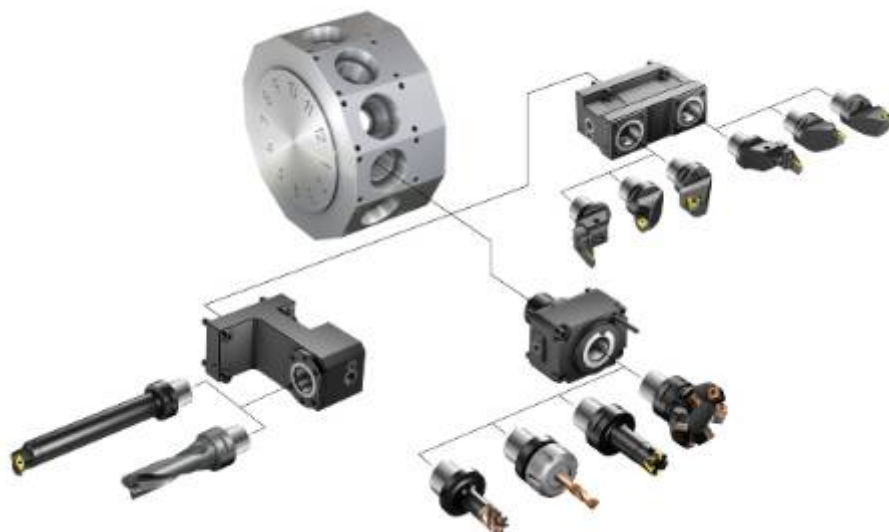
29. Технология машиностроения. Под ред. М.Е. Егорова, - М.: Высшая школа, 1976.

30. Чучкалова Е.И. Техничко-экономические расчеты в выпускных квалификационных работах. /Чучкалова Е.И./Изд. ГОУ ВПО «Рос. рос. проф. Пед. ун-т» 2006.

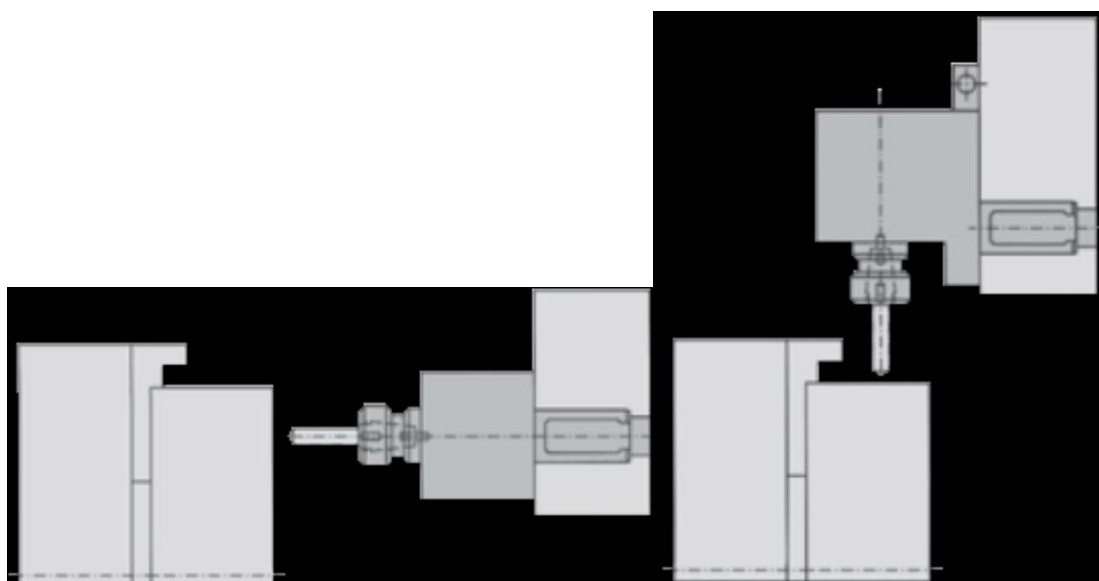
Таблица 27 - Перечень листов графических документов

Наименование документа	Обозначение документа	Формат	Количество листов	Прим.
1. Чертеж детали «Поршень»	ДП 44.03.04.565.01	A1	1	
2. Чертеж заготовки «Поршень»	ДП 44.03.04.565.02	A1	1	
3. Операционные эскизы	ДП 44.03.04.565.Д01	A1	1	
4. Операционные эскизы	ДП 44.03.04.565.Д02	A1	1	
5. Операционные эскизы	ДП 44.03.04.565.Д03	A1	1	
6. Фрагмент управляющей программы	ДП 44.03.04.565.Д04	A1	1	
7. Презентация: 7.1. Техничко-экономические показатели 7.2. Схема контроля 7.3. Методические разработки				

Комплект слайдов



Слайд 1 – Модульная инструментальная система



а)

б)

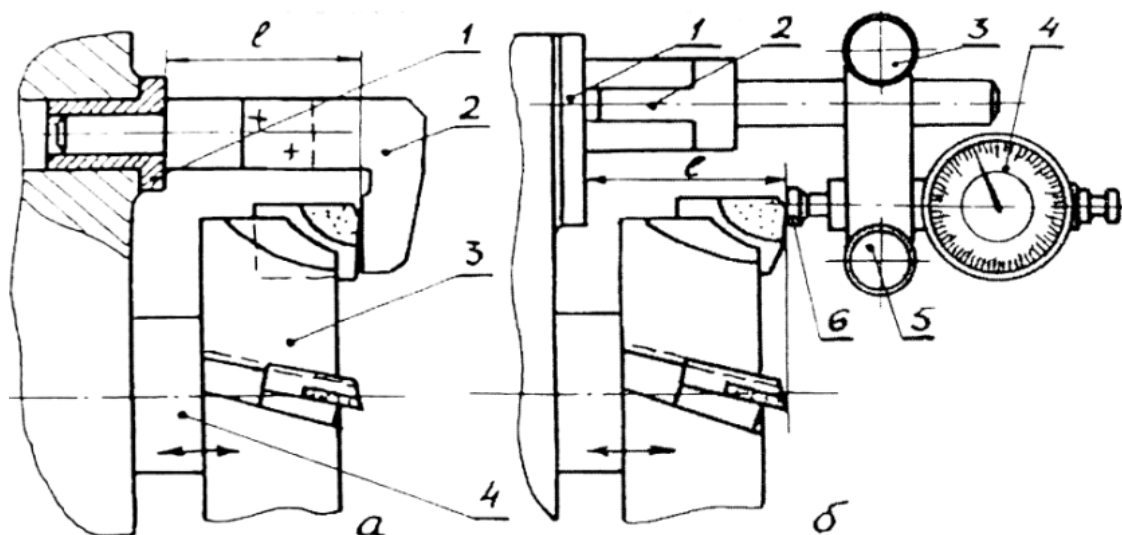
Слайд 2 – Способы установки инструмента: а) фронтальное, б) диаметрально

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

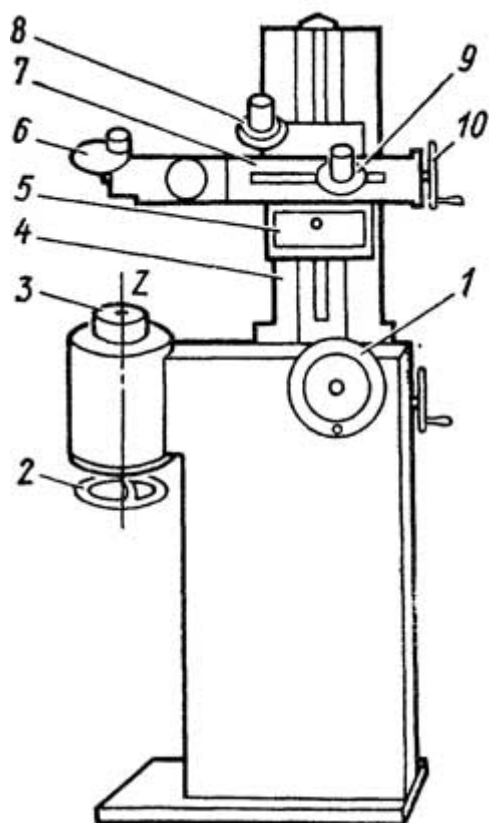
ДП 44.03.04.565 ПЗ

Лист

109



Слайд 3 – Приспособления для настройки инструмента на размер вне станка



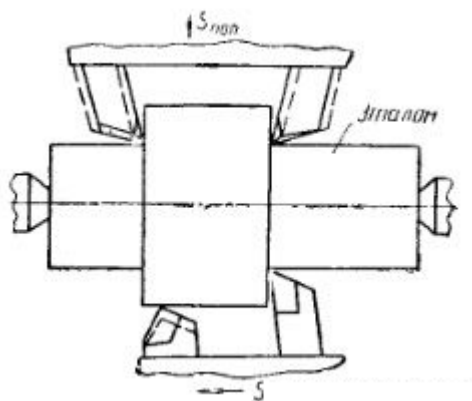
Слайд 4 - Оптический прибор БВ-2015

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.565 ПЗ

Лист

110



Слайд 5 - Настройка станка по эталону